2e ANNÉE N° 17 15 SEPTEMBRE 1891

REVUE GÉNÉRALE
DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

MÉCANISME DE L'ACTION DES ANESTHÉSIQUES

Les anesthésiques généraux entravent, suspendent ou suppriment une fonction fondamentale, dont le libre exercice est indispensable à l'entretien des mouvements moléculaires intimes, qui caractérisent toute substance vivante, quelle que soit d'ailleurs sa forme ou son origine. Si l'on place, comme le fait Claude Bernard, des graines sur du coton humide, sous une cloche renfermant des vapeurs d'éther ou de chloroforme, à une température égale à celle qui favoriserait la germination dans les conditions ordinaires, elles resteront à l'état de vie latente tant qu'elles seront en présence de l'agent anesthésique; mais dès qu'elles auront été soustraites à son influence paralysante les phénomènes de germination commenceront et suivront leur marche régulière. Pour qu'une graine germe normalement il lui faut : 1° de l'eau, 2° de l'oxygène, 3° une température convenable. On peut s'assurer par l'expérience que ce n'est pas l'action de la chaleur qui est modifiée, ni celle de l'oxygène qui est suspendue par la présence de l'agent anesthésique, le phénomène de la respiration continuant au sein du protoplasma alors même qu'il est déjà anesthésié. On est en droit de se demander alors si ce n'est pas l'absorption et la fixation de l'eau qui est en cause. L'imbibition ou mieux l'hydratation est la condition initiale de la reprise d'activité des phénomènes vitaux dans la graine qui va germer et la respiration ne se ranime que lorsqu'elle a été satisfaite. Le rôle de l'eau est donc dans la graine plus important que celui de l'oxygène; on pourrait en dire autant d'ailleurs pour tous les êtres vivants. Qu'il s'agisse d'une graine ou d'une spore microscopique, l'oxygène et la chaleur seront impuissants à la faire germer ou développer sans le concours de l'eau et la dessiccation produira le même effet que la vapeur anesthésique. Seulement, étant anesthésiée, elle pourra rester inerte même en présence de l'eau, dans l'état de vie latente. On a pu conserver ainsi pendant longtemps des végétaux inférieurs dans l'eau légèrement chloroformée : ils ne reprenaient leur vitalité que lorsque le chloroforme s'était complètement éliminé du liquide par évaporation. L'activité des nombreux ferments figurés peut être de même suspendue par les anesthésiques généraux; sous l'influence de l'éther, du chloroforme, de l'alcool et d'autres composés chimiques analogues, les globules de la levûre de bière, par exemple, tombent dans une sorte de vie latente, même en présence d'une surabondance de matière fermentescible ou nutritive. C'est pour cette raison que les anesthésiques généraux sont souvent considérés comme des antiseptiques. L'alcool ordinaire, comme le chloroforme est un antiseptique : il est aussi un anesthésique puissant quand il est introduit dans l'organisme en quantité suffisante et le mécanisme de l'intoxication est dans les deux cas absolument comparable.

Beaucoup de composés organiques sont doués de cette action stupéfiante sur les êtres vivants, quel que soit le degré qu'ils occupent dans la série végétale ou animale et c'est à ces poisons que l'on doit réserver exclusivement le nom d'*anesthésiques généraux*.

I

Bien qu'ils soient loin d'appartenir tous au même groupe chimique et qu'ils soient au contraire représentés par des types très différents au point de vue de leur composition et de leur structure moléculaire (alcools, éthers simples ou composés, aldéhydes, composés chlorés de carbures d'hydrogène, carbures d'hydrogène, etc.), les anesthésiques généraux n'en possèdent pas moins un ensemble de propriétés organoleptiques et physiques communes qui leur donnent comme un air de famille. Ils sont incolores et odorants, possèdent une saveur piquante et produisent lorsqu'on les applique sur les muqueuses une sensation de chaleur plus ou moins brûlante. Ce sont des liquides mobiles, volatils, doués en général d'une tension de vapeur d'autant plus grande et d'une solubilité dans l'eau d'autant moindre qu'ils sont plus anesthésiques. Ils sont dysosmotiques, c'est-à-dire qu'ils traversent difficilement les membranes organiques; leur chaleur spécifique est très inférieure à celle de l'eau, et généralement d'autant moins élevée qu'ils sont plus actifs. Mais aucune de leurs propriétés n'est aussi caractéristique que l'action qu'ils exercent, tous sans distinction, outre leur pouvoir anesthésique, sur le protoplasma animal ou végétal. Si l'on suspend dans un vase *bien bouché*, au-dessus de ces liquides volatils, un fragment d'un parenchyme végétal dense, c'est-à-dire pauvre en lacunes aérifères et en vaisseaux aériens, comme celui d'une feuille de cactus, on ne tardera pas à voir sourdre à sa surface de nombreuses gouttes de rosée qui iront en grossissant de plus en plus jusqu'à ce qu'elles tombent au fond du liquide occupant la partie inférieure du récipient.

L'expérience peut être rendue très saisissante en plaçant sous une cloche fortement suiffée et *bien adhérente* à son support un pied d'*Echéveria* (fig. 1),



Fig. 1. — Etat des feuilles de l'*Echéveria* avant l'action des vapeurs anesthésiques.

petite Crassulacée commune dans nos jardins, à côté d'une capsule remplie d'éther. Au bout d'une heure, quelquefois plus tôt, si la température ambiante est voisine de 20°, les feuilles de la petite plante se montrent toutes chargées de grosses gouttes de rosée; leur couleur est devenue plus foncée et leurs feuilles dressées au début de l'expérience, ont pris l'attitude penchée qu'affectent certaines plantes sommeillantes pendant la nuit (fig. 2). Si on les pèse après les avoir essuyées,



Fig. 2. — Feuilles de l'*Echéveria* après l'action de la vapeur anesthésique; elles sont abaissées et couvertes de grosses goutelettes d'eau.

on constate que leur poids a notablement diminué et qu'une petite quantité d'éther est venue prendre la place de la masse d'eau chassée au travers de l'épiderme des feuilles, malgré la résistance assez forte offerte par celui-ci.

Lorsqu'au lieu de végétaux denses on emploie des végétaux riches en trachées ou en lacunes aériennes, le phénomène peut passer inaperçu, parce que dans ce cas l'eau chassée du protoplasma des cellules ne s'écoule pas à l'extérieur : la teinte particulière que prennent les parties vertes rappelle alors celle des feuilles gelées et indique seule parfois le changement qui s'est opéré dans leur profondeur [1].

Ces vapeurs anesthésiques provoquent d'ailleurs des modifications intimes des tissus tout à fait comparables à celles qui résultent de l'action de la gelée. Il suffit pour s'en assurer de placer dans un vase bien bouché des oranges au-dessus d'une couche d'éther ou de chloroforme. Les vapeurs anesthésiques traverseront l'épicarpe et l'endocarpe pour aller se substituer à l'eau du protoplasma contenue dans les poils charnus de l'endocarpe. Cette eau devenue libre entraîne avec elle divers produits immédiats, entre autres l'acide citrique et va se déverser dans tous les interstices en donnant à l'orange l'apparence complète d'un fruit dégelé.

On pourrait multiplier les exemples qui démontrent que les anesthésiques agissent comme la congélation sur les tissus en les déshydratant.

[1] Il importe de ne pas confondre les phénomènes de déshydratation dont nous parlons avec la transpiration végétale qui est intimement liée à la fonction respiratoire.

On sait que la congélation est souvent utilisée pour produire chez l'homme l'anesthésie localisée.

Les effets physiologiques du froid et des anesthésiques sont de même ordre, puisqu'ils permettent d'obtenir également l'antisepsie temporaire, la vie latente, l'anesthésie, et qu'ils consistent principalement dans une déshydratation des tissus.

La comparaison peut être poussée plus loin encore. Tout le monde sait que lorsqu'on ébranle mécaniquement un pied de sensitive (*Mimosa pudica*) les pétioles s'abaissent et les folioles se ferment. Cet effet ne peut se produire qu'à la condition que les grosses cellules parenchymateuses qui forment les renflements placés à la base des folioles et des pétioles se flétrissent et ce phénomène ne peut s'effectuer que par le déplacement de l'eau qui gorge leur protoplasma. Or le froid et les anesthésiques produisent le même résultat. On a dit que les vapeurs anesthésiques faisaient perdre à la sensitive sa sensibilité. C'est là une interprétation erronée. Les mouvements de la sensitive provoqués par le choc ne sont pas dus à quelque chose de comparable à la sensibilité neurale, mais bien à un phénomène ayant les plus grandes analogies avec ceux de l'irritabilité musculaire ou de la contractilité. L'abaissement du pétiole produit par l'influence du choc, du froid ou des vapeurs anesthésiques est un phénomène *actif* résultant de la rétraction des cellules parenchymateuses qui perdent momentanément l'eau de constitution de leur protoplasma. Des expériences que j'ai faites dans le courant de l'automne dernier sur les fruits du *Memordica elaterium*, petite Cucurbitacée commune dans le Midi de la France, prouvent que l'on peut provoquer chez certains végétaux d'autres phénomènes manifestement actifs par l'action de l'ébranlement, du froid ou des anesthésiques. Lorsque le fruit du *Memordica elaterium* approche de la maturité complète, un léger coup frappé à sa surface suffit pour mettre en jeu l'élasticité de son enveloppe qui projette au loin, en se contractant, une fusée liquide renfermant les semences.

Mais on peut cueillir facilement ces fruits, un peu avant le moment de la déhiscence naturelle et les conserver pendant plusieurs jours à l'air libre sans que celle-ci se produise spontanément. Au contraire si on les introduit dans un flacon *bien bouché*, renfermant des fragments de papier imbibé de chloroforme, d'éther ou de benzine, on provoque très rapidement la déhiscence. L'introduction de ces mêmes fruits à l'intérieur d'un tube plongé dans un mélange réfrigérant donnera lieu au même phénomène. Or, si l'on pratique une coupe transversale sur ces fruits, on constate que parmi les trois couches qui composent leur enveloppe, la couche médiane présente un aspect différent selon que la déhiscence ne s'est pas produite ou bien qu'elle a eu lieu. Dans le premier cas la couche moyenne, composée de grandes cellules gorgées de sucs, est restée transparente; tandis que dans le second ces cellules sont remplacées par des lacunes aérifères qui donnent à toute l'épaisseur de cette couche un aspect blanc mat caractéristique. On doit donc admettre dans l'exemple que nous citons qu'il y a encore eu *mouvement provoqué par la déshydratation d'un protoplasma sous l'influence d'un agent anesthésique*.

II

Mais il ne faudrait pas penser que ces phénomènes de déshydratation par les anesthésiques puissent être mis en évidence seulement chez les végétaux. Si, au lieu du tissu parenchymateux d'un cactus, on suspend au-dessus d'une couche d'éther ou de tout autre anesthésique, dans un flacon *bien bouché*, un fragment de muscle, les vapeurs de ce liquide pénètreront le protoplasma et s'y fixeront en éliminant ici encore une certaine quantité d'eau à l'état liquide. Il en sera de même pour beaucoup d'autres tissus animaux.

Lorsque l'on substitue à ces fragments de tissus des œufs frais, l'affinité des anesthésiques pour les matières colloïdales qu'ils renferment pourra être assez grande pour que l'eau soit chassée de l'œuf par une véritable transsudation au travers de la coquille, qui, dans certain cas, se couvre de gouttelettes, comme les feuilles d'*Echéveria*. Cette dernière expérience donne lieu à une remarque particulièrement intéressante, à savoir que *la majeure partie des vapeurs anesthésiques traverse le blanc ou l'albumine de l'œuf pour aller se condenser dans le jaune ou vitellus, comme ferait une substance colorante ayant plus d'affinité pour le noyau de la cellule que pour son protoplasma*. Or le vitellus de l'œuf se rapproche davantage par sa composition chimique du tissu nerveux que l'albumine, et il est possible que l'élection particulière des anesthésiques généraux pour le système nerveux chez l'animal vivant ne reconnaisse pas d'autre cause. Cette élection n'est pas absolue et l'action des anesthésiques généraux sur ces manifestations physiologiques des tissus animaux vivants, quelle que soit d'ailleurs leur nature, a été mise hors de doute. Les vapeurs d'éther, de chloroforme suspendent les mouvements rythmiques de la pointe du muscle cardiaque de la tortue, des cils vibratils des cellules épithéliales, des spermatozoïdes; elles arrêtent temporairement les mouvements des globules blancs du sang, des amœbes, etc.

Mais lorqu'il s'agit de démontrer chez l'animal vivant et surtout chez l'homme que leur action est due à un véritable phénomène de déshydratation

protoplasmique, on éprouve de sérieuses difficultés. On sait bien que la dessiccation entraîne chez beaucoup d'animaux, comme chez un grand nombre de végétaux pendant l'hibernation par exemple, l'état de vie latente : les anguillules du blé niellé, les rotifères sont des types d'animaux réviviscents. J'ajouterai même que des expériences récentes m'ont démontré que l'on pouvait également provoquer par la sécheresse l'état de vie latente sur des animaux plus élevés en organisation.

Claude Bernard d'ailleurs avait déjà montré que si l'on plonge la patte d'une grenouille dans une solution de sel marin concentrée, on lui fait perdre assez rapidement la sensibilité en enlevant au sang une certaine quantité d'eau par exosmose. Dans ces conditions, l'action déshydratante est assez énergique pour que les milieux réfringents de l'œil perdent leur transparence par la production d'une opacité cristallinienne, c'est-à-dire d'une véritable cataracte. C'est aussi par l'observation de certains phénomènes qui prennent naissance du côté des milieux optiques de l'œil que l'on peut constater la diffusion de l'action déshydratante des anesthésiques généraux sur les animaux supérieurs.

J'ai eu souvent l'occasion d'observer, dans les anesthésies profondes et prolongées chez l'homme et chez le chien, que la cornée perdait une partie de son poli. En examinant ces cornées à l'aide d'un disque kératoscopique muni d'une loupe de Brücke, je n'ai pas eu de peine à reconnaître que cette modification morphologique, qui disparaît au réveil, était due à l'affaissement irrégulier du tissu cornéen d'où il résulte un véritable astigmatisme irrégulier.

Lorsque j'annonçai ce fait, qui cependant avait été vérifié par M. Javal et d'autres observateurs, on parut quelque peu surpris que le chloroforme pût agir sur les milieux de l'œil et principalement sur la cornée, parce qu'il fallait admettre qu'une certaine quantité de ce liquide pouvait s'accumuler dans l'humeur aqueuse. La réalité de ce fait est mise hors de doute aujourd'hui par la constatation que j'ai eu l'occasion de faire récemment en poursuivant l'étude de l'action physiologique des mélanges titrés des composés chlorés de l'éthane. Si l'on fait pénétrer dans l'organisme d'un chien par inhalation du chlorure d'éthylène ou huile des Hollandais, de façon à déterminer une anesthésie de trois quarts d'heure environ, on trouve le lendemain les deux cornées de l'animal opacifiées.

Cette opacité est le résultat d'un véritable œdème cornéen produit par la pénétration de l'humeur aqueuse dans les lames cornéennes. Si l'on s'était borné à cette simple constatation, on aurait pu en conclure que, loin de déshydrater la cornée, le chlorure d'éthylène avait la faculté de faciliter son imbibition par l'humeur aqueuse. En réalité le mécanisme de cette lésion est plus complexe. Chez le chien les lames cornénnes ne sont protégées contre l'action opacifiante du liquide de la chambre antérieure de l'œil que par une simple couche de cellules épithéliales. La couche élastique anhyste de la membrane de Descemet qui la renforce chez l'homme, le chat et d'autres animaux, fait défaut chez le chien. Quand le chlorure d'éthylène pénètre dans la chambre antérieure, après avoir été introduit dans la circulation par inhalation ou par injection hypodermique, ou bien parce qu'il y aura été injecté directement, les cellules de la couche épithéliale se rétractent en laissant entre elles des espaces par où pénètre l'humeur aqueuse. Celle-ci ne gonfle d'ailleurs les fibres des lames cornéennes que lorsque le liquide de la chambre antérieure a été dépouillé, ainsi que l'animal, de l'agent anesthésique. On peut très facilement se rendre compte du mécanisme de cette lésion en opérant *in vitro* sur une cornée détachée de l'œil d'un chien.

Lorsque cette couche épithéliale est doublée d'une membrane anhyste élastique, on peut provoquer alors, chez le chat par exemple, des anesthésies prolongées par le chlorure d'éthylène sans voir survenir d'opacité cornéenne. C'est pour la même raison que l'on n'a pas observé d'accidents du côté de l'œil chez l'homme dans les anesthésies pratiquées avec la liqueur des Hollandais. L'altération primitive résulte donc en définitive d'une déshydratation des éléments épithéliaux de la face interne de la cornée par un anesthésique général.

Les hypersécrétions salivaires et stomacales qui accompagnent le début de l'anesthésie, la soif, la sécheresse de la bouche que l'ivresse anesthésique laisse après elle, comme l'ivresse alcoolique, sont autant de motifs pour penser que d'autres tissus subissent la même altération que les éléments anatomiques de la cornée.

D'autre part, le phénomène de déshydratation du protoplasme entraîne avec lui des modifications d'un autre ordre. En même temps que l'eau, divers principes immédiats s'éliminent et particulièrement des cristalloïdes, qui ne préexistent pas à l'état libre dans le protoplasme et résultent de dédoublements provoqués par la déshydratation. C'est par un effet de ce genre que l'hémoglobine sous l'influence de l'éther ou du chloroforme abandonne le globule rouge dans lequel elle était à l'état de combinaison intime avec les principes colloïdaux, pour aller cristalliser à l'état de liberté dans un milieu liquide, où cependant elle n'est pas soluble. Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer

que dans ce cas encore le froid peut produire les mêmes effets que les anesthésiques généraux.

Ces phénomènes, comme d'ailleurs tous ceux qui se passent au sein des protoplasmes appartiennent à la *mécanique vitale* ou *biologique*, c'est-à-dire à la physiologie et ne sont explicables ni par les lois ordinaires de la chimie, ni par celles de la physique. On ne devra donc pas les considérer comme des phénomènes *physico-chimiques*, mais bien comme *actes physiologiques*.

III

Mécanisme de l'anesthésie générale dans un organisme différencié. — Au fur et à mesure que le jeu des fonctions se perfectionne, le protoplasme ou sarcode se différencie et les éléments anatomiques qui résultent de cette différenciation prennent une constitution particulière en rapport avec le rôle spécial qui leur est assigné par la loi de division du travail ou du perfectionnement physiologique. Mais, à côté des propriétés spéciales à l'élément différencié, subsistent les propriétés générales qui caractérisent toute substance vivante : la fibre nerveuse ne se contracte pas comme le fait la fibre musculaire; mais toutes deux respirent et se nourrissent. Or, on conçoit aisément que si les fonctions générales sont entravées ou supprimées, les fonctions spéciales seront atteintes en même temps.

On a vu comment les anesthésiques généraux arrêtaient le fonctionnement de la substance vivante des êtres les plus divers. Nous allons examiner maintenant comment ils se comportent dans un organisme différencié.

Tous les anesthésiques généraux introduits d'une manière convenable dans l'organisme humain y produisent un ensemble de modifications qui, par leur marche et par leur nature, présentent le tableau complet de l'ivresse alcoolique, qui peut servir de type dans ce genre d'intoxication. Leur activité est variable avec leurs propriétés générales qui sont plus ou moins accentuées; mais on peut dire que tous donnent la même *note fondamentale*.

Ils peuvent même dans certains cas se comporter les uns vis-à-vis des autres comme de véritables succédanés. Si l'on prive brusquement un alcoolique de son poison habituel, on voit survenir des accidents dont l'ensemble constitue ce que l'on a appelé le *delirium tremens*. Ces accidents entièrement différents, je dirai même absolument opposés à ceux de l'alcoolisme aigu, disparaissent rapidement quand on rend à l'organisme sa ration de poison ordinaire. Mais on peut obtenir le même résultat en substituant à l'alcool toute autre liqueur enivrante, ou mieux encore, si l'on veut agir vite, un véritable anesthésique, tel que l'éther ou le chloroforme. D'autre part les sujets *mithridatés*, c'est-à-dire habitués à supporter des doses considérables d'alcool, exigent pour être endormis des quantités beaucoup plus fortes de chloroforme ou d'éther. On pourrait, en étudiant attentivement ces effets mixtes, dresser pour les anesthésiques généraux, comme pour les autres poisons d'ailleurs, une table de ce que j'ai appelé les *équivalents toxiques*.

L'emploi d'un mélange titré de chloroforme et d'air à 8 ou 10 %[1] respiré d'une manière continue permet de suivre facilement les diverses phases de l'ivresse anesthésique. Il n'en sera pas de même si l'on ne respecte pas cette condition fondamentale du déterminisme expérimental. J'ai montré (*loc. cit.*) comment la marche de l'empoisonnement chloroformique pouvait varier d'une seconde à l'autre avec le titre du mélange et c'est ce qui explique pourquoi, avant Paul Bert, les expérimentateurs qui s'étaient placés dans des conditions défavorables et forcément variables n'ont pu obtenir de résultats rigoureusement comparables.

Dans l'anesthésie chloroformique continue l'activité des phénomènes de thermogénèse diminue de plus en plus et le corps tout entier se refroidit progressivement, comme dans le sommeil des animaux hibernants. Dans certaines anesthésies prolongées j'ai vu la température centrale du chien s'abaisser de 38° centigrades à 28° et l'animal revenir cependant à la vie malgré cet énorme refroidissement. En même temps l'expérience montre que l'activité de la nutrition est ralentie ; les échanges respiratoires sont moins actifs et le sang artériel, riche en oxygène au début, tend à se charger de plus en plus d'acide carbonique, tandis que ce déchet de la nutrition diminue dans le sang veineux qui traverse le poumon et par conséquent dans l'air expiré dans un temps donné. Dans le système vasculaire la pression s'abaisse au point de n'atteindre plus dans le sommeil confirmé que le tiers de sa valeur primitive.

Tous les troubles observés ne peuvent s'expliquer par l'empoisonnement exclusif du système nerveux bien qu'il soit primitivement atteint et avec une violence qui paraît être en rapport avec son importance physiologique. Si les désordres nutritifs sont en partie le résultat des troubles nerveux que provoque l'agent anesthésique, à son tour l'organisme entier, dont la nutrition est entravée, réagira sur le système nerveux et le

[1] V. *Revue générale des Sciences*, du 15 juin 1891, t. II, page 553.

cerveau restera inerte, sans idées, sans conscience ni volonté tant qu'il ne recevra pas sous une pression normale le sang qui entretient dans l'état de veille son activité.

Par son action propre sur tous les tissus, par son activité particulière vis-à-vis du système nerveux et par tous les troubles secondaires qui en résultent, on voit sous l'influence de l'anesthésique général succomber successivement toutes les manifestations physiologiques depuis les plus élevées jusqu'aux plus humbles.

IV

Le premier effet de l'ivresse chloroformique sur nos manifestations cérébrales est de faire tomber le voile qui cache notre véritable personnalité, d'où il semble résulter que les facultés supérieures sont ordinairement employées à dissimuler le fond de la pensée ou la nature véritable du caractère. Celui-ci est-il gai, on le verra rire ou chanter dès le début de l'anesthésie. Cet autre est-il violent, il menacera, s'agitera, frappera.

Un peu plus tard les idées commencent à se dissocier : le cerveau peut encore à ce moment comprendre un ordre et l'exécuter, mais bientôt à cette phase succède celle des erreurs de jugement et c'est la fin de l'intelligence.

Dans cette période nouvelle les sensations sont encore perçues, l'homme sent, il voit, il entend, mais il interprète mal ce qu'il ressent. Passe-t-on par exemple une éponge mouillée sur la peau, il croit que l'opération commence, pousse des cris de douleur ou cherche à se défendre. Certains observateurs ont cru à tort qu'il s'agissait dans ce cas d'une véritable hypéranesthésie alors qu'il n'y a en réalité qu'une illusion. C'est dans cette période surtout, si l'on veut éviter l'agitation du patient, qu'il importe de le laisser dans le repos le plus absolu. Aux illusions viennent s'ajouter de véritables hallucinations ; on entendra le son des cloches, par exemple; à ce moment la mémoire veille encore, car le souvenir de cette sensation peut persister même après un long sommeil.

Le désordre dans les idées va en s'accentuant de plus en plus et se traduit par celui de la parole, des gestes et des mouvements; puis de désordonnés qu'ils étaient les mouvements deviennent incoordonnés : c'est après le cerveau, le cervelet qui est atteint, puis le bulbe. Les modifications qui se produisent du côté de ce centre pour être moins profondes, n'en sont pas moins évidentes; le rythme cardiaque et respiratoire est modifié, mais la respiration continue automatique et régulière, si aucun réflexe ne vient troubler son jeu inconscient.

Le rôle de l'encéphale est maintenant effacé : c'est la nuit qui tombe et le sommeil qui commence et si le patient peut encore suivre machinalement des yeux une lumière que l'on promène, la conscience et la volonté ne participent plus à cet acte qui paraît être purement réflexe.

Le cerveau cessant d'ordonner, les membres restent dans l'inaction, tant qu'une excitation extérieure ne vient pas frapper les terminaisons sensitives.

A ce moment la moelle veille encore et si la sensibilité à la douleur est *depuis longtemps* déjà atténuée, *parce qu'elle a son siège dans l'encéphale*, la sensibilité tactile est au contraire conservée. Sa persistance est mise en évidence par les mouvements réflexes que l'on peut encore provoquer par les excitations périphériques.

Il est certain que dans cette période les propriétés physiologiques des racines postérieures et antérieures de la moelle, la conductibilité des nerfs et la sensibilité des terminaisons tactiles ne sont pas atteintes et que les centres réflexes fonctionnent encore.

La sensibilité tactile à son tour va disparaître et avec elle les mouvements réflexes.

L'envahissement progressif, qui jusqu'alors avait marché de haut en bas, va suivre une marche inverse et l'activité nerveuse se limite de plus en plus à la région bulbaire et au système nerveux sympathique.

La sensibilité tactile disparaît d'abord dans le domaine des nerfs médullaires (tronc et membres), puis dans celui de la protubérance et du mésencéphale (face) et lorsque l'opérateur peut toucher la conjonctive de l'œil sans provoquer la fermeture réflexe des paupières, il ne reste plus que quelques réflexes obscurs et l'insensibilité peut être considérée comme complète au point de vue chirurgical. Pour obtenir l'inertie absolue, il ne reste plus qu'un obstacle à renverser : c'est la tonicité musculaire ; ce pas est vite fait et l'anesthésique continuant sa marche envahissante plonge le corps entier dans la *résolution musculaire*.

La vie de relation est éteinte : seule la vie végétative subsiste, surveillée par le bulbe encore actif et par le système nerveux sympathique encore intact.

Tant que persiste cet état, le retour à la vie survient spontanément par la suppression de l'inhalation du mélange titré.

Mais si l'anesthésie est prolongée au delà du temps pendant lequel le bulbe peut résister, la mort survient par arrêt de la respiration, puis du cœur *qui est toujours, dans l'intoxication graduelle par le chloroforme, l'ultimum moriens*, comme dans la mort naturelle. Tous ces phénomènes peuvent être groupés en trois périodes :

1° Période d'excitation des chirurgiens, qu'il serait préférable d'appeler *période d'agitation;*

2° Période d'anesthésie confirmée ou de sommeil;

3° Période ultime ou syncopale.

Chacune de ces trois périodes est caractérisée par un état particulier de la pupille et d'une manière si nette que l'on pourrait dire, dans l'anesthésie par les mélanges titrés, que l'œil est à la fois le miroir du corps et celui de l'âme.

Au début de l'inhalation la pupille se dilate légèrement, mais il suffit d'en approcher une lumière pour provoquer immédiatement son resserrement (réflexe rétinien).

Dans la seconde période la pupille est contractée et le réflexe rétinien a disparu.

Enfin la troisième période s'annonce par une dilatation brusque avec absence de réflexe rétinien : c'est le signe certain d'une menace de mort ou d'une syncope respiratoire imminente.

A ces trois phases il convient d'ajouter celle du réveil pendant laquelle la pupille d'abord fortement contractée se dilate lentement, avec réapparition de réflexe rétinien. Le patient rentre alors successivement en possession de ses facultés, qu'il recupère en général dans le même ordre qu'il les a perdues.

Les phénomènes consécutifs sont très analogues à ceux de l'ivresse alcoolique, mais ils se dissipent plus vite : le vomissement pituitaire se présente dans l'une et l'autre de ces deux intoxications; mais dans l'anesthésie chloroformique régulière par les mélanges titrés, il doit toujours être considéré comme un phénomène de réveil brusque : il manque le plus souvent quand on laisse le patient se réveiller lentement en abaissant le titre du mélange.

Le chloroforme n'est pas décomposé dans l'économie : il s'élimine progressivement par les voies respiratoires dès que cesse l'inhalation.

D'une manière générale son action physiologique se rapproche plutôt de celle des agents physiques que de celle des agents chimiques.

V

Si l'on cherche dans les phénomènes physico-chimiques connus quelque chose de comparable aux faits que nous avons exposés dans la première partie de cet article, c'est seulement dans les curieuses études de Graham sur les matières colloïdales minérales que l'on pourra trouver quelques analogies sans qu'il y ait pourtant identité à proprement parler.

Graham a donné le nom d'*hydrogèles* à des substances colloïdales que l'on obtient en fixant de l'eau sur l'albumine ou la silice. En immergeant un hydrogèle dans l'alcool, ce liquide peut se substituer à l'eau de constitution de l'hydrogèle sans que le composé perde sa consistance gélatineuse; on obtient ainsi un *alcoogèle.* A son tour l'alcool pourra être chassé par l'éther de la même manière et cette nouvelle opération donnera naissance à un *étherogèle.*

Mais ce qu'il y a de particulièrement remarquable dans les expériences de Graham, c'est que l'alcoogèle pourra être inversement transformé en hydrogèle, s'il est mis en présence d'une *masse* d'eau suffisante.

Dans le réveil du sujet anesthésié il semble se passer quelque chose d'analogue à cette transformation, que le savant physicien anglais n'a pu expliquer que par une « action de masse ».

Dès que l'inhalation chloroformique est suspendue, l'agent anesthésique dissous dans le sang s'élimine par le poumon. Le sang, débarrassé de sa présence, enlève à son tour aux éléments anatomiques le chloroforme fixé par le protoplasma, qui récupère ses qualités premières, sans qu'à aucun moment il y ait eu de véritable coagulation et sans qu'il se soit produit aucune altération de structure appréciable par nos procédés ordinaires d'investigation.

En résumé, ce qui ressort le plus clairement de nos observations et de nos expériences, c'est que l'anesthésie générale n'est qu'un mode particulier de vie latente dans lequel l'eau joue, comme dans les autres, le rôle principal. L'état d'hydratation normal du protoplasme est une condition fondamentale de son fonctionnement physiologique et toutes les manifestations vitales peuvent être suspendues temporairement ou définitivement quand cette condition fondamentale n'est pas satisfaite.

Les faits expérimentaux sur lesquels repose notre théorie du *mécanisme physiologique des anesthésiques généraux* nous paraissent suffisants pour qu'il ne soit pas permis de la considérer comme une simple hypothèse *a priori.* On ne saurait d'ailleurs lui contester le caractère d'une théorie exacte puisqu'elle a permis non seulement d'expliquer les faits connus, mais encore d'en découvrir de nouveaux tout à fait inattendus.

Dr R. Dubois,

Professeur de Physiologie générale et comparée
à la Faculté des Sciences de Lyon.

LA CARTE PHOTOGRAPHIQUE DU CIEL[1]

(*Suite et Fin*).

La Conférence de 1887 avait décidé que pour donner toute l'exactitude désirable au catalogue phographique d'étoiles qui résulterait des mesures faites sur les clichés, on imprimerait sur chacune des plaques, avant de l'exposer à la lumière du Ciel, l'image latente d'un réseau dont les traits, servant de repères, permettraient de découvrir et d'éliminer toutes les déformations subies par la couche sensible dans les opérations successives du développement, du fixage et du séchage. Si, en effet, on mesure, sur un cliché, les distances angulaires des images de deux étoiles, le résultat qu'on obtient ne représente exactement la distance qui sépare les deux étoiles dans le Ciel que si la couche sensible ne s'est pas déformée ; or les déformations, s'il y en a, seront accusées par l'image du réseau. En effet, le réseau original, tracé sur une glace de verre argenté, a été étudié avec un très grand soin ; on connaît exactement les positions relatives de tous les traits. Chaque plaque, avant d'être exposée au Ciel dans le châssis de l'équatorial photographique, a été mise dans un châssis spécial presqu'au contact de la face argentée du réseau original et exposée, dans cet état, à de la lumière parallèle ; il en est résulté une image absolument fidèle du réseau, image qui s'est développée en même temps que celles des étoiles. On découvrira donc les déformations de la couche sensible en comparant les distances des traits successifs du réseau photographié aux distances correspondantes sur l'original. Or, des études faites sur la demande du Comité permanent, en différents observatoires et par des moyens différents, il résulte que pour une distance linéaire de 5 millimètres mesurée sur une plaque, la valeur du retrait ou de l'allongement de la couche sensible (car l'un et l'autre se produisent) ne dépasseront jamais la dix-millième partie de la distance, ce qui, à l'échelle adoptée, correspond angulairement à 0''03 et exprime une limite de précision bien supérieure à celles des pointés. On a néanmoins maintenu l'emploi du réseau ; s'il n'y a pas de déformation à craindre, il sera d'une grande utilité pour les mesures. Les traits du réseau formeront, en effet, un grand nombre de systèmes parallèles d'axes rectangulaires auxquels on rapportera les étoiles du cliché, et comme l'équidistance des traits est fixée à 5 millimètres, on n'aura jamais à mesurer aucune distance supérieure à 2^{mm}5, d'où les avantages suivants : simplification de l'appareil de mesure, économie de temps, sûreté plus grande des résultats.

Il y avait à résoudre une autre question d'une difficulté extrême. On avait fixé, en 1887, les limites de grandeur des étoiles qui devraient être reproduites sur les clichés ; mais on n'avait pas indiqué le temps de pose nécessaire pour atteindre ces limites de grandeur. Il faut dire que la question était alors toute nouvelle et qu'aujourd'hui encore elle est loin de pouvoir être résolue en toute rigueur. Après de longs débats, la Conférence de 1889 vota les deux résolutions suivantes :

a) On adoptera, pour le temps de pose devant donner les étoiles de grandeur 11,0 le produit par 6,25 du temps de pose nécessaire pour obtenir la grandeur 9,0 de l'échelle d'Argelander.

b) Chaque observateur devra s'attacher à obtenir sur ses clichés destinés au Catalogue la grandeur 11,0 déterminée aussi exactement que possible au moyen de l'échelle d'Argelander que l'on prolongera au delà de la grandeur 9,0 par l'emploi du coefficient 2,5.

Quelques explications sont peut-être nécessaires pour bien fixer le sens de ces deux résolutions. On sait que l'œil juge mal les *rapports* d'intensités lumineuses, mais qu'il apprécie bien les *différences* d'intensité ; que la rétine ne commence à percevoir la différence d'intensité de deux lumières que lorsque cette différence atteint une certaine valeur, appelée valeur *sensible*, et c'est une question de savoir comment, cette limite étant atteinte, l'intensité de la sensation varie avec l'intensité de la lumière excitatrice. Suivant la loi de Weber, déduite de l'observation, *toute sensation croît en progression arithmétique lorsque l'excitation croît en progression géométrique*. Appliquons ces considérations à la définition précise d'une échelle de *grandeur stellaire*.

Parmi toutes les étoiles visibles soit à l'œil nu, soit dans une lunette d'ouverture donnée, considérons la plus brillante et la plus faible. Prenons deux axes de coordonnées Ox et Oy; sur l'axe Ox, portons deux abscisses auxquelles nous ferons correspondre des ordonnées AM et BN proportionnelles aux éclats des deux étoiles considérées. Entre ces deux éclats, on peut concevoir une infinité d'éclats différents. Divisons l'intervalle

[1] La première partie de cette étude a paru dans la *Revue* du 30 août 1891, t. II, page 529.

formé par les extrémités des deux abscisses en n parties égales ; nous obtiendrons $n + 1$ points sur l'axe Ox et n intervalles. Nous pourrons dire que la première étoile est de *première* grandeur, la plus faible de $(n + 1)^e$ grandeur, et la division de l'intervalle formera une *échelle* de grandeurs stellaires. Mais cette échelle ne sera définie que lorsque nous pourrons indiquer comment varie l'éclat de l'étoile lorsque nous passons d'une grandeur à la suivante.

Soit p un indice que nous ferons successivement égal à 1, 2, 3,... $n + 1$; chacune de ces valeurs de p, qui est le numéro d'ordre d'un de nos points de division de l'axe Ox exprime une grandeur d'étoile et à chaque valeur de p correspond un éclat I_p, qui dépend de la valeur de l'indice; si nous supposons que les grandeurs varient d'une manière continue, nous pourrons concevoir l'éclat I_p comme une fonction continue de l'indice. Il s'agit de déterminer cette fonction.

Soient :

$$p \text{ et } q, \quad p' \text{ et } q' \quad p'' \text{ et } q' \ \ldots \text{ etc.}$$

un certain nombre de couples de valeurs de l'indice telles que l'on ait :

$$p - q = p' - q' = p'' - q'' = \ldots = \text{const.}$$

L'observation montre, et c'est en cela que consiste, dans ce cas, la loi de Weber, que l'on a :

$$\frac{I_p}{I_q} = \frac{I_{p'}}{I_q} = \frac{I_{p'}}{I_{q''}} = \ldots = \text{const.}$$

Il en résulte :

$$\frac{1}{p - q} \cdot \frac{I_p - I_q}{I_p} = \frac{1}{p' - q'} \cdot \frac{I_{p'} - I_q}{I_{p'}} = \ldots = \text{const.}$$

Si, maintenant, nous supposons que le nombre des divisions n de l'intervalle AB sur l'axe des x augmente indéfiniment, que p et q soient deux indices successifs, nous pourrons écrire :

$$I_p = I_q = dI \qquad p - q = - dp$$

et, par conséquent, nous aurons l'équation différentielle :

$$\frac{dI}{- I\, dp} = \text{const.} = A$$

en désignant par A la valeur de la constante. On obtient, en intégrant cette équation :

$$\log \text{nép. } I = - A_p + C$$

la valeur de la constante C d'intégration étant déterminée par l'introduction de la valeur sensible I_0 qui correspond à une sensation nulle, nous trouverons, en désignant par p_0 la valeur de l'indice qui correspond à l'intensité I_0 :

$$\frac{I}{I_0} = e^{A(p_0 - p)}$$

Ce qui, en posant $e^A = \rho$, devient :

$$\frac{I}{I_0} = e^{p_0 - p}.$$

de même, pour une étoile d'une intensité différente I′, nous aurons :

$$\frac{I'}{I_0} = \rho^{p_0 - p'}$$

il en résulte la relation :

$$\frac{I}{I'} = \rho^{p' - p}$$

entre les éclats des deux étoiles dont les *grandeurs* sont p et p'. C'est la loi de Fechner, appliquée aux sensations lumineuses.

Le nombre ρ est la *raison de l'échelle de grandeurs ;* si l'on donne à ρ la valeur 2,512 dont le logarithme vulgaire est 0,4, on a l'échelle des grandeurs d'Argelander. La résolution (b), rapportée précédemment, signifie donc que dans l'échelle de grandeur adoptée par la Conférence de 1889, on devra considérer le nombre exprimant la *grandeur* comme augmentant d'une unité lorsque l'*éclat* diminuera dans le rapport de 1 à 2,5.

Quant à la résolution a, on aperçoit immédiatement qu'elle entraîne ces deux conditions :

1° Que le temps de pose nécessaire pour obtenir l'image d'une étoile varie en raison inverse de l'éclat, c'est-à-dire qu'on a la relation :

$$It = \text{const};$$

mais il n'est pas encore démontré qu'il en soit ainsi rigoureusement;

2° Qu'on devra photographier d'abord une étoile de grandeur 9,0 pour en déduire le temps de pose permettant d'obtenir les images des étoiles de grandeur 11,0; et si t est le temps de pose pour une neuvième, le temps de pose pour une onzième sera :

$$(2,5)^2\, t = 6,25\, t$$

On voit ce qui reste encore de vague dans ces décisions. Le diamètre de l'image photographique d'une étoile augmente avec la durée de la pose; il en est de même de l'intensité de cette image. Alors ne peut-on pas se demander ce qu'il faut entendre par ces mots : obtenir l'image photographique d'une étoile de grandeur 9,0? Ne faudrait-il pas fixer le diamètre et l'intensité que devra posséder l'image d'une telle étoile? Mais ici les difficultés deviennent énormes, peut-être insurmontables

dans l'état présent de la science, et nous aurons à revenir sur ce point à l'occasion des travaux de la dernière Conférence du mois d'avril 1891.

Avant d'en finir avec la réunion de 1889, il convient de dire un mot d'une grosse question inscrite au programme de cette réunion et d'un intérêt capital pour l'avenir de l'œuvre ; y avait-il lieu de créer un Institut central pour exécuter les mesures, pour les réduire et les publier? Se fondant sur des considérations d'ordre exclusivement scientifique, les astronomes français et un grand nombre de leurs collègues étrangers ont soutenu l'affirmative; mais on a dû reconnaître qu'il n'était pas possible de retrouver sur ce point l'accord unanime avec lequel toutes les autres questions avaient été résolues. La Conférence a jugé prudent d'ajourner toute décision à cet égard et de s'en tenir pour le présent à l'exécution de la carte elle-même, avec cette pensée qui était, qui est encore dans l'esprit de beaucoup de ses membres, qu'un jour viendrait où la création d'un Institut central s'imposera.

IV. La conférence de 1891

Avant de se séparer, les membres de la Conférence de 1889 avaient, d'un commun accord, reconnu que l'entreprise devait désormais sortir du domaine de la spéculation théorique pour entrer dans celui de l'application, qu'il était nécessaire de pousser les préparatifs avec la plus grande activité dans toutes les stations, et que dès le jour où tous les instruments seraient installés, éprouvés, les astronomes coopérant à la carte se réuniraient une dernière fois avant de commencer le travail pour se communiquer les uns aux autres leurs résultats, pour éclaircir en commun les doutes pouvant subsister encore sur quelques points, et pour régler les derniers détails techniques de l'opération.

Cette réunion eut lieu à l'Observatoire de Paris du 31 mars au 4 avril de cette année. La Conférence, après avoir entendu les rapports des directeurs d'observatoires sur leur installation astrophotographique, et sur les résultats obtenus, chargea une Commission de procéder sans délai à un examen approfondi des clichés présentés par les différents observatoires comme épreuves d'essai. Cet examen montra que les qualités optiques de tous les objectifs étaient fort satisfaisantes, et, dans son rapport, la Commission insista sur la parfaite similitude qu'avaient offerte tous les clichés présentés, tant au point de vue de la netteté des images qu'à celui de la grandeur du champ utilisable.

La Conférence régla ensuite deux questions sur lesquelles il ne pouvait y avoir de longs débats, et relatives l'une au mode d'impression des réseaux, l'autre à la manière dont serait faite l'orientation des plaques dans le châssis photographique.

Sur la première, la Conférence de 1889 avait décidé que le réseau dont il a été fait mention plus haut, et destiné à fournir des repères, soit pour l'étude des déformations de la couche sensible, soit pour les mesures de position des étoiles, serait impressionné sur chaque plaque, par de la lumière parallèle, dans un châssis placé devant l'objectif de la lunette photographique elle-même au foyer de laquelle on aurait placé une source de lumière. Plusieurs membres firent observer qu'il était à désirer qu'on ne préparât pas d'avance un trop grand nombre de copies du réseau, qu'il serait préférable de n'impressionner les plaques par le réseau que dans la soirée même où elles devraient être exposées au Ciel; que, dans ces conditions, on perdrait nécessairement beaucoup de temps, en dispositions préliminaires, à placer la source lumineuse au foyer de l'objectif de la lunette, à installer le châssis à réseau devant l'objectif, pour défaire ensuite ces arrangements et pouvoir procéder au travail photographique proprement dit. Pour ces motifs, la Conférence décida que sa résolution antérieure serait abrogée et remplacée par celle-ci : *le réseau sera impressionné par de la lumière parallèle*, laissant à chacun la liberté de choisir entre ces trois systèmes pour l'impression des réseaux : emploi de la lunette photographique elle-même, emploi d'une lunette spéciale, emploi d'un miroir.

La seconde question, relative au mode d'orientation des plaques dans leur châssis, ne présentait pas non plus de grandes difficultés; mais elle avait une certaine importance, au point de vue des rédactions et des calculs. Il ne s'agissait d'ailleurs que d'une orientation approximative. Bien que, d'après le mode de construction adopté, le châssis maintienne la plaque dans une position à peu près invariable, il est certain que l'orientation définitive et exacte ne pourra être obtenue que plus tard, au moyen des mesures faites sur un certain nombre d'étoiles connues du cliché. Il n'en faut pas moins que l'orientation provisoire de la plaque soit déjà suffisamment approchée afin d'éviter de trop fortes corrections. Or, il avait été convenu que toutes les déterminations de position des étoiles seraient rapportées à l'équinoxe de 1900, et la question à résoudre était celle-ci : orientera-t-on les plaques pour l'équinoxe de 1900, ou bien pour l'équinoxe apparent du jour? Lorsqu'un astronome veut faire, à l'équatorial, une mesure de position, il oriente son micromètre en laissant courir une étoile, en vertu du mouvement diurne, le long du fil de déclinaison, le mouvement d'horlogerie étant

arrêté, et il s'assure que dans ce déplacement l'image de l'étoile ne cesse pas d'être bissectée par le fil. L'astronome qui se prépare à obtenir un cliché de la carte du Ciel procède exactement de la même manière; il met dans le châssis de la lunette une copie sur verre de son réseau; et il oriente le châssis de manière que, dans son déplacement, l'image de l'étoile ne cesse pas d'être bissectée par le trait central du réseau. Mais l'orientation qu'il obtient ainsi est celle qui se rapporte à l'équinoxe du jour; en vertu de la précession, elle diffère de celle qu'il aurait obtenue en 1900 et à laquelle on devra en fin de compte la ramener; elle en diffère d'une quantité qu'il est aisé de calculer, très faible pour les étoiles voisines de l'équateur, mais atteignant une valeur assez grande pour les étoiles voisines du pôle. En conséquence, il fut décidé que pour les zones équatoriales on pourrait se borner à donner au châssis l'orientation du jour, mais que, pour les calottes polaires, il convenait d'adopter l'orientation se rapportant à l'équinoxe de 1900, et les calottes polaires furent considérées comme limitées par les parallèles de 65° de déclinaison.

Le lecteur, curieux de suivre jusqu'au bout et dans tous leurs détails les discussions qui ont eu lieu dans la réunion internationale de 1891, en trouvera l'image assez fidèle dans les procès-verbaux des séances qui seront prochainement publiés sous le patronage et aux frais de l'Académie des Sciences. Il n'y aurait aucune utilité à donner ici une analyse de toutes les questions résolues ou débattues, et nous nous bornerons à en retenir deux, tant à cause de leur importance fondamentale qu'en raison de la longueur et de la gravité des débats qu'elles ont soulevés. Avant d'aborder ces questions, disons seulement qu'en ce qui concerne le mode de reproduction des étoiles de la carte, il fut décidé que l'œuvre garderait jusqu'à la fin son caractère *photographique*, et qu'en conséquence les clichés devaient être reproduits par les procédés de la photogravure, sans aucune intervention de la main humaine.

La première Conférence, celle de 1887, avait, on se le rappelle, établi en principe que deux séries de clichés seraient faites pour tout le Ciel; l'une donnant les étoiles jusqu'à la onzième grandeur et destinée à fournir les éléments d'un catalogue de haute précision, l'autre formant véritablement la carte du Ciel et contenant toutes les étoiles jusqu'à la quatorzième grandeur. M. l'amiral Mouchez, président du Comité permanent, avait proposé, comme mesure d'ordre, de décider que l'on n'entreprendrait la seconde série qu'après avoir accompli la première. Il se fondait: 1° sur ce que la grandeur 11 est actuellement définie d'une manière complète photométriquement et qu'il n'y a aucune difficulté sérieuse à en donner une définition *photographique*, tandis qu'il n'en est pas encore ainsi pour la quatorzième grandeur; 2° sur l'avantage qu'il y aurait, en faisant les deux séries séparément et commençant par la série à courtes poses, de pouvoir donner, dans un temps relativement court, aux astronomes, le catalogue qu'ils réclament pour les besoins actuels de l'astronomie, et d'arriver ensuite, grâce à l'expérience acquise dans l'exécution de cette première série, à effectuer la seconde dans des conditions bien meilleures. Cette proposition souleva un certain nombre d'objections. Plusieurs membres firent observer qu'adopter cette division du travail serait déroger aux prescriptions de la Conférence de 1887 qui devait toujours être considérée comme la loi fondamentale de l'entreprise; d'autres exprimèrent la crainte de voir ainsi compromise l'exécution de la carte du Ciel, tandis que, dans leur opinion, comme dans celle de M. l'amiral Mouchez lui-même, elle devait être l'objet principal du Congrès. Dans ces conditions, M. l'amiral Mouchez, considérant qu'il y avait un intérêt trop grand à écarter toute espèce de doute et ne pas rompre l'unanimité, jusqu'ici générale dans les votes, s'empressa de se rallier à une proposition de conciliation présentée par plusieurs membres et ainsi conçue :

« Les travaux décidés par le Congrès de 1887,
« comprenant deux séries de clichés faites avec
« des poses différentes, le Comité permanent, tout
« en recommandant aux observateurs de pousser
« avec la plus grande activité possible l'exécution
« des clichés de la deuxième catégorie (clichés
« destinés à la construction d'un catalogue), est
« d'avis qu'on devra aussi profiter du plus grand
« nombre possible de belles soirées pour faire des
« clichés à longue pose de la première série. »

Le principe de la simultanéité des deux séries dans l'exécution était ainsi maintenu; mais le comité exprimait l'espoir de pouvoir construire le catalogue dans un délai assez court pour en faire profiter l'astronomie contemporaine.

Restait l'épineuse question du temps de pose à adopter pour atteindre photographiquement la quatorzième grandeur. Les résolutions votées à cet égard en 1887 et en 1889 ne fournissaient pas aux observateurs des règles suffisamment précises; elles avaient besoin d'être complétées. Les membres de la Conférence s'accordaient tous à reconnaître ce besoin et aussi la nécessité d'assurer la plus grande homogénéité possible dans les résultats du travail qui allait être entrepris; mais sur les moyens à employer pour satisfaire à ce besoin et pour réaliser cette homogénéité, les divergences d'opinion étaient très grandes. Pendant les

deux années qui ont précédé la réunion de 1891, des recherches avaient été faites dans un certain nombre d'observatoires sur la loi de variation du diamètre de l'image avec le temps de pose pour une étoile d'un éclat donné, sur la relation qui existe entre les diamètres des images et les grandeurs optiques d'étoiles d'éclats différents pour un même temps de pose déterminé, enfin sur la relation qui lie entre eux le temps de pose, le diamètre de l'image et la grandeur de l'étoile. On avait trouvé les résultats suivants :

1° Si l'on désigne par δ le diamètre de l'image d'une étoile d'éclat donné, par t le temps de pose et par δ_0 une constante, on aura :

$$\delta = \delta_0 t^{\alpha}$$

l'exposant α ayant une valeur voisine de $\frac{1}{4}$, c'est-à-dire que le diamètre varierait à peu près proportionnellement à la racine quatrième du temps de pose ;

2° m étant la grandeur optique d'une étoile *blanche* (les étoiles colorées doivent être exclues de cette recherche), δ le diamètre de l'image obtenue en un temps de pose donné, a et b désignant deux constantes, on a la relation :

$$m = a - b \log \delta$$

La signification de la constante a est très claire ; elle exprime la grandeur de l'étoile qu'on obtient sur une plaque dans un temps de pose donné avec un diamètre égal à l'unité ; sa valeur dépend à la fois de la sensibilité de la plaque et du temps de pose ; quant à la constante b, elle paraît ne dépendre que de la sensibilité de la plaque ;

3° On aurait, entre la grandeur, le diamètre et le temps de pose, la relation :

$$m = a - b \log \delta + b\alpha \log t$$

α pouvant pouvant être pris égal à $\frac{1}{4}$.

Si l'on conçoit que les coefficients a et b aient été déterminés pour des plaques d'une sensibilité donnée, on voit que cette dernière formule permet de calculer le temps de pose qui sera nécessaire pour obtenir l'image d'une étoile de grandeur m avec un diamètre égal à δ. Malheureusement, la valeur des coefficients varie beaucoup avec la sensibilité des plaques [1] ; si la plaque a été plus ou moins voilée, soit pendant la fabrication, soit au moment d'en faire usage, on n'obtient plus, à beaucoup près, les mêmes valeurs pour le temps de pose. C'est ce qui explique les résultats si différents auxquels on est parvenu. En admettant, par exemple, que l'image d'une étoile de quatorzième grandeur doive être représentée par un cercle de $\frac{1}{40}$ de millimètre de rayon, on a trouvé, pour le temps de pose, des valeurs variant depuis 1^h20^m jusqu'à 7 heures. Cependant les recherches effectuées dans les différentes observations s'accordaient sur ce point qu'en multipliant le temps de pose par 2, 5, on ne gagne pas une grandeur de l'échelle d'Argelander, comme cela était implicitement supposé dans les résolutions de 1889, mais seulement une fraction de grandeur ; les divergences ne portaient que sur cette fraction de grandeur, mais il en résultait des différences considérables dans les temps de pose. Cela suffit à montrer la difficulté extrême de la question qui était à résoudre.

Pour ce qui regarde les clichés de la série à courtes poses, d'une durée probable de 3 à 5 minutes, on avait décidé que la durée du temps d'exposition nécessaire pour obtenir les images des étoiles de la onzième grandeur serait fixée en partant de celui qui convient pour les neuvièmes grandeurs, dont la valeur photométrique est bien connue ; et pour cela, le procédé suivant serait employé. On choisira, dans plusieurs régions du Ciel, un certain nombre d'étoiles de la grandeur 9, bien déterminées au point de vue de leur éclat. Supposons la lunette photographique dirigée sur l'une de ces étoiles. Si, devant l'objectif, on place une toile métallique, on réduit l'éclat de l'étoile, et le nombre qui exprime sa grandeur augmente ; la finesse de la maille peut être réglée de telle sorte que cette absorption de de grandeur soit exactement de 2 unités ; l'image vue actuellement dans la lunette, ou impressionnée sur la plaque sensible est identique à celle d'une étoile de grandeur 11. Alors, par des expériences variées, faites dans des conditions atmosphériques moyennes, on cherchera quel est le temps de pose nécessaire pour obtenir, de l'étoile de grandeur 9 ainsi réduite à la onzième grandeur, une image ayant le diamètre jugé suffisant pour les plus faibles étoiles de la série du catalogue. Ces expériences devront être faites par une Commission spéciale.

Mais pour les clichés de la carte proprement dite, il ne pouvait être question d'imposer aux observateurs des durées d'exposition de plusieurs heures ; la durée d'une heure semblait une limite qu'on ne pouvait pas raisonnablement dépasser ; plusieurs astronomes, principalement du groupe anglais, s'opposaient même à ce qu'on allât au delà de 30 minutes ; d'un autre côté, il était moins possible encore d'effectuer dans chaque soirée la détermination des constantes d'une formule ; cela eût exigé une série de mesures et de calculs d'une telle longueur qu'il ne serait plus resté de temps

[1] Elle varie aussi avec la distance zénithale de l'étoile et le degré de transparence de l'air.

pour le travail de la carte. Il fallait aboutir cependant; l'une des séances dut être suspendue; une commission de six membres fut invitée à délibérer sans délai, avec le mandat d'apporter un projet de résolution définitive.

Cette résolution, adoptée par la Conférence, à l'unanimité des voix, est la suivante :

« La Commission, d'un avis unanime, indique « 40 minutes comme la durée de la pose pour les « clichés de la carte dans les conditions atmos- « phériques moyennes à Paris, et avec les plaques « Lumière actuellement en usage à Paris.

« La Commission des toiles métalliques remettra « à MM. Henry une toile métallique au moyen de « laquelle ils détermineront le temps t, exprimé en « minutes, qui permet d'obtenir les onzièmes gran- « deurs en partant des neuvièmes d'Argelander. « Alors, pour tous les observateurs qui seront munis « d'une toile identique, le rapport $\frac{40}{t}$ sera le fac- « teur par lequel on multipliera le temps de pose « donnant les onzièmes grandeurs pour obtenir les « étoiles de la plus faible grandeur de la carte. »

Cette résolution est loin d'être parfaite ; la Commission qui l'a présentée et la Conférence qui l'a adoptée, le savent mieux que personne; mais elle résout d'une manière pratique une question dont toutes les données ne sont pas encore bien fixées dans l'état actuel de la science; elle a l'avantage d'être celle qui s'écarte le moins des résolutions antérieures, et de laisser à chacun, dans l'exécution, la liberté d'appréciation des circonstances, que tout homme de science a le droit et le devoir de réclamer; elle permet enfin à la plupart des observatoires de commencer leurs travaux. Aussi, M. l'amiral Mouchez pouvait-il, en prononçant la clôture de la Conférence de 1891, adresser à ses collègues les paroles suivantes, qu'on nous permettra de reproduire ici :

« Mes chers collègues, je vous remercie profon- « dément de l'honneur que vous nous avez fait en « venant encore une fois et, pour quelques-uns « d'entre vous, de si loin, vous réunir à l'Observa- « toire de Paris. Vous aviez à traiter des questions « difficiles; vous l'avez fait sans apporter ici « d'autres préoccupations que celles de la vérité « et du progrès de la science. Des divergences de « vues se sont produites entre vous sur les moyens, « jamais sur le but. Ces divergences étaient inévi- « tables, elles étaient même nécessaires; elles n'ont « fait que mieux éclairer les questions et n'ont « à aucun moment troublé la cordialité de vos rap- « ports. L'unanimité avec laquelle toutes vos déci- « sions ont été finalement prises est un gage cer- « tain du succès définitif. C'est dans cette pensée « que je déclare terminée la Conférence de 1891, et « commencée l'œuvre de la carte photographique « du Ciel. »

On ne peut finir cet article sans indiquer le but, et la portée du travail auquel coopèrent, dès à présent, 18 observatoires distribués sur toute la surface du globe [1]. Il ne s'agit pas seulement de former un catalogue d'étoiles de comparaison pour les observateurs des astéroïdes, et une carte pour faciliter la recherche des petites planètes. Un pareil catalogue, une telle carte dont l'emploi serait limité à de tels usages, bien que constituant une œuvre importante, ne justifieraient pas, du moins on en pourrait douter, la grande dépense de travail, d'énergie et d'argent que va nécessiter l'œuvre actuelle. Il s'agit surtout d'élever un monument permettant d'aborder l'étude des grandes questions d'astronomie sidérale qui s'imposent déjà aux astronomes contemporains et qui s'imposeront de plus en plus à ceux de l'avenir : distribution de la densité stellaire dans le ciel, disparition d'étoiles, mouvements propres, lois du mouvement de translation du système solaire dans l'espace. Cette dernière question est une des plus grandes qui puissent faire l'objet des spéculations humaines. A deux époques éloignées l'une de l'autre on a déterminé le lieu de la sphère céleste occupé par une étoile ; les observations sont parfaites; les erreurs accidentelles, les erreurs systématiques sont nulles ; on a exactement appliqué toutes les corrections instrumentales et celle de la réfraction ; les résultats ont été affranchis des effets de la précession, de la nutation, de l'aberration ; on doit s'attendre à trouver pour les deux époques, un lieu identique sur la sphère céleste. On trouve au contraire deux lieux différents; la différence augmente avec le temps; l'étoile parait avoir un mouvement propre. En comparant ces mouvements propres, pour un grand nombre d'étoiles, W. Herschel s'aperçoit qu'ils ne sont pas dirigés indifférem-

[1] La distribution du travail est la suivante :

OBSERVATOIRES	LATITUDE	ZONE EN DÉCLINAISON		NOMRBE DE PLAQUES
Greenwich	+51° 29′	+90° à	+65°	1149
Rome	+41.54	+64	+55	1040
Catane	+37.30	+54	+47	1008
Helsingfors	+60. 9	+46	+40	1008
Potsdam	+52.23	+39	+32	1252
Oxford	+51.46	+31	+25	1180
Paris	+48.50	+24	+18	1260
Bordeaux	+44.50	+17	+11	1260
Toulouse	+43.37	+10	+ 5	1080
Alger	+36.48	+ 4	— 2	1260
San-Fernando	+46.28	— 3	— 9	1260
Tacubaya	+19.24	—10	—16	1260
Santiago	—33.27	—17	—23	1260
La Plata	—34.55	—24	—31	1360
Rio-Janeiro	—22.54	—32	—40	1376
Cap de Bonne-Espérance	—33.56	—41	—51	1512
Sydney	—33.52	—52	—54	1400
Melbourne	—37.50	—65	—70	1149

ment dans tous les sens, sans aucune loi régulière. S'il les transporte sur une sphère solide qui représente la sphère céleste, il trouve que chaque étoile paraît s'être déplacée sur un grand cercle, et que tous ces grands cercles se coupent en un même point[1]. Ce résultat s'explique et devient une conséquence nécessaire, si l'on admet que, les positions des étoiles demeurant fixes dans l'espace, le système solaire s'est transporté vers le point d'intersection commune, que W. Herschel trouva placé près de l'étoile de la constellation d'Hercule. Telle est l'origine des notions actuelles sur le mouvement de translation du système solaire dans l'espace. La vitesse de ce mouvement est du même ordre que celle de la Terre dans sa translation autour du Soleil, et le mouvement paraît, jusqu'à présent, s'effectuer en ligne droite.

La translation doit être, en effet, *a priori*, rectiligne, si l'on admet que les actions subies par les différents corps du système solaire se réduisent aux actions mutuelles qu'ils exercent les uns sur les autres, c'est-à-dire si l'on néglige celles qu'ils reçoivent des corps extérieurs au système. Dans ce cas, la translation découverte par W. Herschel représente, en grandeur et en direction, la résultante des vitesses initiales qui, avec les forces agissantes, déterminent les mouvements actuels de tous les corps du système. La science actuelle regarde les actions des corps extérieurs comme négligeables, et cela n'est, en définitive, qu'un aveu indirect de son impuissance à les connaître, à les mesurer et à les introduire dans ses calculs. Mais ne peut-on prévoir un état futur de l'astronomie où ces actions des corps extérieurs au système solaire pourront et devront n'être plus négligées, où cette conception qui fait du système solaire un simple élément d'un système d'étoiles, ne sera pas seulement une hypothèse grandiose, mais l'expression d'une réalité prouvée par les faits, où l'on pourra demander aux observations de mettre en évidence une révolution des étoiles de notre système autour d'un centre commun de gravité? Mädler avait déjà fait, il y a 35 ans, une tentative dans ce sens; elle ne pouvait aboutir complètement; mais nos successeurs résoudront sans doute ces questions et beaucoup d'autres encore avec les matériaux si nombreux et d'une authenticité si indiscutable que notre carte du Ciel leur lèguera.

Ch. Trépied,
Directeur de l'Observatoire d'Alger

LA SÈVE ASCENDANTE

Jamais aucun sujet de Physiologie n'a été débattu avec autant d'ardeur que le problème de l'ascension de la sève.

Jusqu'au milieu de ce siècle et même au delà, on se contentait de doctrines assez vagues qui reposaient sur l'osmose, sur la capillarité ou sur une force particulière, vitale, qu'on ne définissait en aucune façon, et dont l'application, telle qu'elle a été faite, n'était qu'une téléologie déguisée.

De telles doctrines ne pouvaient subsister à une époque plus récente; cependant il est curieux de noter dès à présent que toutes ces idées ont été reprises, sous une forme plus scientifique, il est vrai, pour l'édification des diverses théories qu'on devait substituer à celle que M. Sachs avait fait accepter partout et à laquelle il est aujourd'hui impossible de ne pas renoncer.

I

1. *La théorie d'imbibition de Sachs.* — Guidé par des vues théoriques qui ne manquaient ni de grandeur ni d'ingéniosité, M. Sachs a laissé de côté la capillarité proprement dite, l'endosmose et les forces aspirantes et foulantes des cellules vivantes, pour recourir à une autre force moléculaire, proche parente de la capillarité, l'*imbibition*.

Tout corps organisé, dit Nœgeli, est composé de *micelles* ou particules de structure cristalline qui attirent l'eau avec une telle force qu'elles s'écartent les unes des autres, et que le corps se gonfle. La *gonflabilité* est le signe certain que le corps est *organisé*. Or l'attraction de micelle à micelle diminue moins vite avec la distance que l'attraction de micelle à eau, de sorte que, le corps gonflable étant en contact avec de l'eau, il ne tarde pas à se produire un état d'équilibre : le corps est saturé.

Prenons donc un corps organisé saturé d'eau d'imbibition et disposons-le de manière à ce qu'en un endroit circonscrit il soit exposé à perdre de l'eau par évaporation, tandis qu'un autre endroit, situé à l'opposé, demeure en contact avec de l'eau liquide, le reste étant recouvert d'un vernis imperméable. Sans détailler le phénomène, tout le monde comprendra qu'un courant d'eau s'établira dans la masse gonflée, de l'eau liquide à l'endroit

[1] En réalité, par suite des erreurs d'observation, les grands cercles se coupent en des points différents, et le *centre de gravité* du groupe des points d'intersection doit être regardé comme la position *plus probable* du point d'intersection commun.

exposé à l'air, de telle sorte que, les surfaces étant bien calculées, le corps reste saturé.

Evidemment cela ne suffit pas pour expliquer un mouvement de l'eau qui dépasse très souvent de beaucoup 2 mètres à l'heure.

C'est pourquoi M. Sachs attribue aux seules parois cellulaires lignifiées la propriété double et peu conciliable d'absorber l'eau avec une très grande énergie et de la laisser circuler dans sa masse avec une très grande facilité.

Ceci étant admis pour le moment, il importe peu de connaître à fond la structure si compliquée du bois; le tronc de l'arbre n'est plus physiquement qu'un échafaudage de lamelles cellulosiennes lignifiées et la sève ascendante ne circule ni dans les vaisseaux, ni de cellule en cellule en traversant les parois, mais passe dans l'épaisseur même des parois cellulaires. A mesure que la partie supérieure du bois perd l'eau enlevée par les cellules transpiratoires, une égale quantité d'eau est absorbée par la base.

Cette théorie dite « *de l'imbibition* » doit son existence uniquement à l'absurdité des théories antérieures; et malgré l'énormité physique qui est en quelque sorte son essence même, cette coexistence d'une grande attraction moléculaire et d'une grande mobilité des molécules attirées, elle a été acceptée et enseignée partout.

2. *Chute de la théorie de l'imbibition.* — Depuis bien longtemps cependant M. Bœhm s'était déclaré l'adversaire de la doctrine de M. Sachs; mais il ne pouvait alors apporter ni de bons arguments contraires à la théorie ni surtout une autre théorie plus acceptable.

Déjà Unger et M. Rawenhoff avaient prouvé par des expériences que les quantités d'eau perdue par transpiration et absorbée en même temps par les racines ne sont pas nécessairement égales. En 1876 l'auteur de ces lignes fit de l'absorption de l'eau, dans ses rapports avec la transpiration, l'objet de recherches étendues. Il démontra que, la transpiration augmentant de minute en minute, l'absorption suit d'abord cette augmentation pour se ralentir bientôt et atteindre une valeur qui n'est pas dépassée. Il en résulte que le poids vif d'une plante est essentiellement variable, qu'il diminue lorsque la perte très grande n'est que partiellement équilibrée par l'eau absorbée, grandit au contraire dès que, la transpiration étant fortement diminuée, la quantité d'eau absorbée dépasse les pertes.

L'appareil très simple représenté figure 1 consiste en un flacon A à large goulot C et portant à sa base une tubulure latérale dans laquelle on engage hermétiquement le tube B capillaire et gradué en centièmes de centimètre cube. Dans le goulot C on mastique hermétiquement une plante, par exemple une bouture de laurier rose. Tout l'appareil étant exactement rempli d'eau, on pèse le tout et on note le numéro de la graduation du tube B

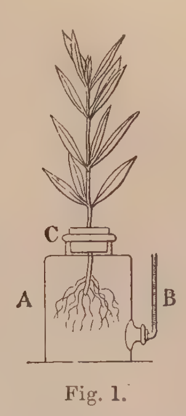


Fig. 1.

auquel est arrêté le ménisque. On expose ensuite la plante à l'air sec, pendant une demi-heure par exemple; on pèse de nouveau l'appareil et on note la quantité d'eau absorbée en relevant la nouvelle position du ménisque dans le tube B. On verra que la plante a perdu beaucoup plus d'eau qu'elle n'en a absorbé. Si on abandonne ensuite la plante dans une enceinte très humide, on constatera au contraire que le laurier rose a absorbé beaucoup plus d'eau qu'il n'en a perdu.

On montre ensuite, à l'aide d'un instrument très sensible, qu'une élévation brusque de la température d'une plante ligneuse se traduit par une diminution momentanée; et, inversement, un abaissement brusque par une exagération de l'absorption de l'eau par les racines. Ce fait n'admet pas d'autre explication que la dilatation, l'augmentation corrélative de la pression de l'air contenu dans les éléments du bois, ou l'inverse.

Voilà donc deux faits déjà peu compatibles avec la théorie de Sachs, qui exige l'égalité de l'absorption et de la déperdition.

Peu de temps après, un savant finlandais, M. Elfving, s'attaqua directement à la théorie de l'imbibition. Si l'eau circule dans l'épaisseur des parois, si les cavités cellulaires n'y sont pour rien, la circulation doit continuer dans un tronçon de bois dont toutes les cavités sont injectées de beurre de cacao et par conséquent oblitérées. Le beurre de cacao présente cet avantage qu'il fond aux environs de 25 degrés et prend en se refroidissant une consistance très ferme. Le tronçon de bois ainsi préparé a été trouvé imperméable à l'eau. Les plus fortes pressions n'ont pas suffi pour faire filtrer la moindre gouttelette d'eau à travers la masse des parois cellulaires.

Vers la même époque parut la théorie de la sève ascendante de Bœhm, dont je parlerai plus loin.

Ces diverses attaques ont provoqué la publication d'un mémoire de M. J. Dufour renfermant tous les arguments que l'auteur a pu opposer aux adversaires de la théorie de Sachs. L' expérience de M. Elfving ne prouverait que ce fait, facile à prévoir, que les parois cellulaires saturées d'eau refusent d'en absorber, même sous les pressions les plus fortes. Au lieu d'essayer de pousser de l'eau à travers le tronçon de bois injecté de beurre de cacao, il aurait fallu laisser ce tronçon en contact avec de l'eau libre et lui enlever de l'eau de l'autre côté.

Il était facile de corriger l'expérience. J'ai coupé sous l'eau plusieurs rameaux d'un même arbuste. Tous étaient d'abord plongés par leur base dans de l'eau chauffée à 30 degrés environ, puis on en a placé un certain nombre dans du beurre de cacao. Grâce à la transpiration, la matière grasse liquide a pénétré de quelques millimètres dans les vaisseaux du bois ; on les a ensuite transportés dans de l'eau froide, où le beurre de cacao s'est figé, formant ainsi un bouchon hermétique dans chaque vaisseau; on a rafraîchi la section à l'aide d'un rasoir et on a placé les rameaux dans l'eau à côté des témoins non injectés. L'expérience est des plus décisives : au bout de quelques instants déjà, les rameaux injectés commencent à se faner; le lendemain ils sont desséchés, tandis que les témoins ont conservé toute leur fraîcheur.

On ne pouvait plus faire qu'une seule objection : la matière grasse, par le simple contact, nuit à la conductibilité de la paroi lignifiée. Je n'ai pas répondu à cette objection, sachant comme tout le monde qu'il est extrêmement difficile, sinon impossible, d'imbiber d'un corps gras une matière saturée d'eau. Il est bon cependant que M. Errera ait songé, beaucoup plus tard, à écarter cette dernière difficulté en substituant la gélatine au beurre de cacao. Le résultat a été exactement le même. Il est donc acquis dès à présent qu'il suffit de boucher les vaisseaux d'une plante dicotylédone sur une très faible longueur pour que l'afflux de l'eau ne puisse pas entretenir la transpiration; il est certain, en d'autres termes, que l'eau se meut dans les cavités cellulaires et non dans l'épaisseur des parois.

Une autre objection est fournie à M. Dufour par des expériences déjà anciennes de Hales. Le savant anglais avait pratiqué sur un rameau d'une plante ligneuse deux encoches contrariées dépassant chacune la moitié de l'épaisseur du rameau (fig. 2). Il est clair que cette opération a pour résultat de couper et par conséquent d'interrompre tous les vaisseaux du bois. Un rameau traité de cette façon ne se fane pas; d'où M. Dufour conclut que les vaisseaux et, d'une manière plus générale, les cavités cellulaires ne sont pas nécessaires à l'ascension de la sève. Après avoir répété bien des fois cette expérience de Hales sur un grand nombre de plantes ligneuses différentes, toujours avec le même résultat, après avoir constaté en revanche que la double encoche est fatale pour les plantes franchement herbacées qui ne possèdent pas d'autre élément conducteur que les vaisseaux, j'ai pensé que le court chemin oblique que l'eau avait à parcourir pour passer du tronçon *a* au tronçon *b*, et de celui-ci au tronçon *c* n'était pas de nature à opposer à l'ascension de l'eau un obstacle suffisant pour entraîner la fenaison. En effet le liquide doit traverser un certain nombre de cloisons qu'il aurait évitées dans le rameau normal, mais qui n'offrent peut-être pas à la filtration une résistance très grande. Il était facile d'augmenter cette résistance en forçant l'eau à parcourir un chemin oblique beaucoup plus long. Pour cela j'ai commencé par m'assurer que quatre encoches superposées deux à deux et alternativement à droite et à gauche du rameau, n'entraînent pas plus la fenaison que les deux encoches de l'expérience précédente. Puis sur d'autres rameaux des mêmes plantes j'ai disposé les quatre encoches en spirale successivement suivant les quatre faces d'un prisme carré circonscrit au rameau. Un coup d'œil sur les développements du cylindre ci-contre (fig. 3) sur lesquels l'emplacement des encoches est marqué par de simples traits horizontaux tandis que le courant de sève est indiqué par une ligne pointillée, suffit

Fig. 2.

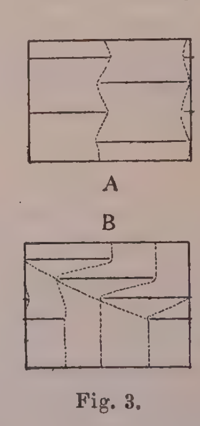


Fig. 3.

pour faire voir que dans le second cas (fig. 3, B) le chemin oblique parcouru par la sève est beaucoup plus long que dans le premier (fig. 3, A) et que le courant doit rencontrer une résistance à la filtration beaucoup plus grande. L'expérience a montré que la grande majorité des rameaux traités de cette manière, se fanent. Il en est cependant, par exemple ceux de Seringat (*Philadelphus*) qui résistent même à cette mutilation. Il est donc évident que le passage de la sève est d'autant plus

difficile qu'on la force à suivre un parcours transversal plus long, ce qui est encore une fois incompatible avec la théorie d'imbibition considérant le corps ligneux comme une masse de cellulose lignifiée dans laquelle l'eau doit pouvoir se déplacer avec une facilité presque égale dans tous les sens.

MM. Francis Darwin et Phillips ont repris cette expérience des encoches ; ils l'ont perfectionnée, en ce sens qu'ils ont suivi exactement et au moment même l'effet qu'elles produisent sur l'ascension de la sève. Il suffisait pour cela de mastiquer les rameaux dans un des appareils permettant d'évaluer à chaque instant l'absorption de l'eau; le résultat très intéressant de ces essais a été le suivant : chez les plantes ligneuses dicotylédones, pourvues de vaisseaux dans le bois secondaire, les encoches de Hales entravent considérablement l'ascension de la sève, quoique les feuilles ne se fanent pas, tandis que chez les Conifères qui ne possèdent pas de vaisseaux dans le bois secondaire, l'effet est beaucoup moindre. Maintenant que nous connaissons ce résultat, nous serions presque tentés de dire qu'il fallait s'y attendre; en effet chez les Conifères le courant traverse normalement un nombre incalculable de parois, de sorte que quelques cloisons de plus ne peuvent produire qu'un effet relativement faible; il n'en est pas de même pour les plantes à bois vasculaire, chez lesquelles un petit nombre de cloisons supplémentaires à traverser doivent opposer une résistance très appréciable à côté de la faible résistance que l'eau éprouve dans un système vasculaire.

On voit que l'expérience de Hales, convenablement étudiée et variée, au lieu de soutenir la théorie de l'imbibition, a fini par tourner contre elle. Mais avant d'aller plus loin, arrêtons-nous un instant à la troisième objection de M. Dufour.

Réunis en faisceau, tous ces faits et d'autres encore sont absolument contraires au mouvement de l'eau dans l'épaisseur des parois cellulaires.

Il semble acquis sans contestation possible que l'eau se meut dans les vaisseaux, dans les trachéides, bref dans les cavités cellulaires et que, si elle traverse des parois, ce qui doit arriver souvent, c'est perpendiculairement à leur surface et surtout dans ces endroits minces qu'on appelle les ponctuations. Cependant, chose assez étrange, l'observation directe faisait encore défaut. C'est une lacune que j'ai eu le bonheur de combler en 1883.

On coupe sous l'eau un rameau d'une plante vasculaire quelconque; on en taille la base en forme d'un biseau très allongé; on couche ce biseau dans une forte goutte d'eau sur le porte-objet du microscope; on le recouvre d'une seconde lame de verre et on fixe le tout à l'aide des valets du microscope. Si l'on mêle à l'eau une goutte d'eau tenant en suspension un fin précipité d'oxalate de chaux, on voit les granules solides pénétrer en tourbillonnant avec une rapidité vertigineuse dans les orifices des vaisseaux du bois; ils s'y accumulent parfois au point de former un bouchon qui finit par être aspiré tout entier avec une grande violence. Ce jeu se continue pendant des heures; il ne saurait donc être question ici d'un courant momentané tel que l'aurait produit l'existence d'un vide partiel dans les vaisseaux. Si l'on coupe la partie feuillée du rameau, le phénomène s'arrête instantanément. Il n'est pas rare de constater qu'un vaisseau absorbe directement de l'eau, alors qu'il est en apparence obstrué par une colonne d'air. Il était intéressant de voir ce qui se produirait si la plante ne pouvait pas absorber d'eau. A cet effet j'ai hermétiquement bouché l'extrémité du rameau coupé et j'ai aminci la tige un peu plus haut de manière à voir ce qui se passe dans les vaisseaux. Des bulles d'air de plus en plus nombreuses surgissent partout, finissent par devenir confluentes, de telle sorte que le vaisseau tout entier peut se remplir d'air. Si l'on amène de l'eau, des index liquides ne tardent pas à se former dans les vaisseaux; les bulles d'air diminuent et sont entraînées par le courant dès que leur diamètre devient inférieur à celui du vaisseau.

Cette dernière observation qui n'avait été faite que sur des rameaux coupés a été répétée et confirmée sur une plante enracinée (un *Bégonia*) par M. Capus. Il a suffi pour cela de faire une forte encoche d'un côté de la tige, d'y extirper la moelle, d'amincir le bois de l'autre côté de la tige en regard de l'encoche et de faire les observations à l'aide d'un microscope horizontal.

En présence de faits si nombreux et si précis, il était difficile de défendre davantage la théorie de l'imbibition. Mais le principe lui-même de l'imbibition et de la mobilité de l'eau d'imbibition a été bientôt l'objet de critiques très sévères, notamment de la part de M. Schwendener. Le savant professeur de Berlin ne croit pas qu'il y ait une différence de principe entre la capillarité et l'imbibition. Les lois expérimentales de la capillarité ont été établies pour des espaces directement mesurables; mais si les espaces deviennent plus petits (audessous d'un millième de millimètre par exemple tout ce qu'on sait, c'est que la force capillaire atteint une hauteur considérable (5 à 6 atmosphères) sans pouvoir établir de rapport entre elle et la grandeur des espaces. Cela doit être d'autant plus vrai pour les espaces intermicellaires des corps organisés. Il est peu important de savoir que le corps imbibé d'eau augmente de volume ou se contracte. On sait que lorsque deux plaques de verre suspendues parallèlement sont rapprochées

à 0m 005 de distance et qu'on les touche à la partie inférieure avec de l'eau libre, l'eau s'introduit entre elles par capillarité et les deux plaques se rapprochent l'une de l'autre d'une quantité mesurable. Théoriquement le même phénomène se produit dans un tube capillaire : ce tube se rétrécit pendant que l'eau monte. La rigidité des parois du vase ou du corps poreux quelconque ne saurait en aucune façon servir à caractériser la capillarité vis-à-vis de l'imbibition. Tout corps poreux doit diminuer de volume sous l'influence des ménisques concaves de l'eau qu'il absorbe par capillarité ; peu importe que la diminution de volume soit mesurable ou non.

Qu'on empile, par exemple, les unes sur les autres 50 lamelles minces telles que les emploient les micrographes pour recouvrir les préparations et qu'on mouille le bord de la pile à l'aide d'un pinceau chargé d'eau, on observe un raccourcissement de 0m004, ce qui fait pour chaque espace 8 μ.

Si l'on imagine maintenant que les espaces capillaires deviennent de plus en plus petits, jusqu'à ce que la portée appréciable de l'attraction entre la paroi solide et l'eau devienne plus grande que la moitié de l'écartement des parois solides opposées, attraction entre le solide et l'eau doit avoir pour effet d'écarter les parois solides ; le corps, autrement dit, doit augmenter de volume quoique les ménisques concaves, après comme avant, tendent à produire une contraction. En diminuant graduellement, les espaces capillaires doivent passer par une largeur à laquelle les deux influences se font équilibre, à laquelle le volume reste constant ; mais au-dessous de cette valeur il y a nécessairement gonflement.

Où est donc maintenant la limite entre l'imbibition et la capillarité ? Y a-t-il imbibition dès qu'il y a gonflement ? Y a-t-il capillarité tant qu'on aperçoit des canaux préexistants ? Dans le premier cas on couperait en deux une succession de phénomènes parfaitement continue ; dans le second on ferait de la perfection de nos instruments le critérium distinctif. Assurément tout cela est inadmissible.

Quant à la mobilité de l'eau d'imbibition, telle que se la figure M. Sachs, mais qui n'a jamais été observée directement ni même déduite logiquement de faits bien établis, il ne faut pas perdre de vue que la molécule d'eau en contact immédiat avec la paroi solide est immobile et que, si de l'eau se déplace dans un système capillaire, l'eau glisse sur l'eau.

Le frottement augmente d'ailleurs rapidement en même temps que les espaces capillaires diminuent. Lorsqu'il s'agit d'espaces extrêmement petits, comme ceux d'un corps gonflable, la force capillaire en même temps que la résistance du frottement atteignent des valeurs très grandes. L'une ne va pas sans l'autre.

Concluons donc que l'eau se meut non dans l'épaisseur des parois, mais dans les cavités cellulaires, qu'elle peut circuler librement dans les vaisseaux ou passer d'un élément dans l'autre à travers les parois ; les ponctuations, qui ornent ces parois et qui sont autant de fenêtres très perméables, semblent précisément destinées à faciliter ce passage de l'eau.

II

Voyons maintenant quelles tentatives ont été faites pour mettre une théorie acceptable à la place de l'ancienne.

3. *La structure du bois au point de vue physique.* — Avant d'aborder l'étude critique des diverses théories, il est nécessaire de nous faire une idée suffisamment exacte de la structure anatomique du bois.

Le bois de Pin consiste en deux sortes d'éléments, les trachéides et les cellules des rayons médullaires, les premières mortes, les dernières vivantes. Les trachéides sont des cellules prismatiques, allongées, terminées en biseau aux deux extrémités, entièrement closes, assez larges, à section presque carrée et à parois médiocrement épaissies dans le bois de printemps (fig. 4), fortement aplaties radialement, et à parois plus épaisses dans le bois d'automne. Toutes les trachéides d'une même file radiale, allant du centre à la périphérie, sont situées au même niveau (B) tandis que les trachéides contiguës occupent toujours des niveaux différents lorsqu'on les considère sur une coupe longitudinale excentrique et

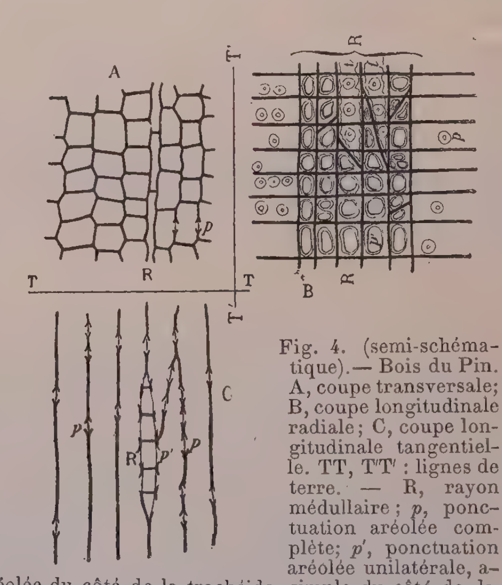


Fig. 4. (semi-schématique). — Bois du Pin. A, coupe transversale; B, coupe longitudinale radiale; C, coupe longitudinale tangentielle. TT, T'T' : lignes de terre. — R, rayon médullaire ; *p*, ponctuation aréolée complète; *p'*, ponctuation aréolée unilatérale, aréolée du côté de la trachéide, simple du côté de la cellule du rayon médullaire.

perpendiculaire au rayon médullaire, c'est-à-dire parallèle au plan tangent. Les rayons médullaires peuvent être comparés à des murs assez bas, verticaux, dirigés de la périphérie vers le centre sur une longueur variable et composés de cellules parallélipipédiques, rectangulaires, superposées en une seule rangée comme les briques d'un mur. Les cellules qui forment les arêtes supérieures et inférieures de ces murs engagés entre les trachéides sont atténuées en biseau. Un coup d'œil sur la figure 4 C montre comment le système continu des trachéides est coupé par ces rayons médullaires. Seules les parois radiales, parallèles aux rayons médullaires, sont marquées de larges ponctuations dites aréolées, construites de manière à allier une grande surface mince et très perméable à une grande solidité de la paroi. Si l'on demandait à un ingénieur de construire un plancher à la fois solide et perméable à l'eau, il commencerait par former le plancher solide, il y percerait des fenêtres dans lesquelles il enchâsserait des membranes perméables : ce seraient les ponctuations simples ; mais la perméabilité ainsi réalisée peut ne pas suffire ; il serait cependant dangereux d'agrandir purement et simplement les fenêtres perméables ; dans ces cas nous construisons de chaque côté du plancher et sur le pourtour de chaque fenêtre une voûte surbaissée percée au sommet, à la place de la clef de voûte. L'eau passe librement à travers ces ouvertures, filtre à travers la large membrane perméable et s'échappe par l'ouverture de la voûte inférieure. Telles sont les ponctuations aréolées. Ajoutons que la membrane perméable est extensible et sensiblement épaissie au milieu, de telle sorte qu'elle peut, sous l'effort d'une pression unilatérale, se mouler sur la surface concave de l'une des voûtes en même temps que le milieu épaissi vient obstruer l'ouverture de la voûte. C'est donc par des ponctuations semblables, très grandes et nombreuses que communiquent entre elles les trachéides placées côte à côte sur une coupe tangentielle ; il n'en existe pas entre une trachéide quelconque et une autre plus extérieure de la même file. Il n'y a donc communication qu'entre des trachéides placées à des niveaux différents. Les ponctuations communes aux trachéides et aux cellules des rayons médullaires ne sont aréolées que du côté des trachéides, taillées à pic de l'autre côté. Plusieurs auteurs et tout récemment encore M. Bœhm, ont admis qu'il doit y avoir dans le bois des Conifères des files verticales des systèmes de trachéides communiquant librement entre elles, non par des ponctuations mais par de véritables trous. Je crois qu'il est sage, du moins jusqu'à nouvel ordre, de considérer les trachéides comme des cellules closes.

Chez les Dicotylédones, la structure du bois est plus compliquée. Il y a généralement une différenciation plus avancée des éléments ligneux en éléments conducteurs, vaisseaux et trachéides, et en éléments mécaniques, des fibres très épaissies, le *libriforme* des auteurs allemands. A cela viennent s'ajouter des cellules vivantes à parois assez minces, nombreuses, souvent réunies en un tissu qui traverse le bois sous la forme de larges rubans visibles à l'œil nu sur la coupe transversale, ou localisé aux environs des vaisseaux, les reliant obliquement entre eux et avec les rayons médullaires, d'autres fois isolément dispersées au milieu des autres éléments du bois : c'est le parenchyme ligneux. Les rayons médullaires présentent en principe la même structure et la même disposition que chez les Conifères, mais ils sont plus souvent formés par plusieurs rangées de cellules.

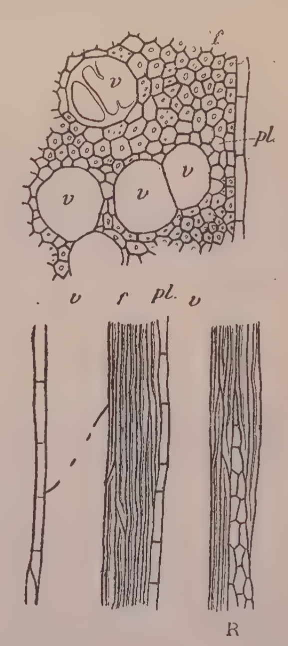


Fig. 5 (schématique). — Coupes transversale et longitudinale tangentielle (parallèle au plan tangent à la tige) du bois d'une Dicotylédone. Les ponctuations ne sont pas figurées, sauf quelques-unes dans le parenchyme ligneux, pour montrer qu'on doit voir par ci par là une cloison transversale sur la coupe transversale du bois. — *v*, vaisseaux, l'un deux avec son diaphragme percé de trois trous et qui, étant oblique, a été supposé enlevé en partie par le rasoir (coupe transversale) ; *pl*, parenchyme ligneux ; *f*, files mécaniques du bois ; R, rayon médullaire ; la coupe transversale a traversé le rayon médullaire dans sa partie supérieure où il ne consiste qu'en une seule file radiale de cellules.

Les vaisseaux, longs tubes dus à la fusion de cellules superposées en file et dont les parois transversales détruites laissent des diaphragmes incomplets, tantôt réduits à une légère saillie interne, annulaire, tantôt percés de trous ou de boutonnières parallèles, ont les parois longitudinales épaissies intérieurement en forme d'anneaux horizontaux ou de spirale lorsqu'ils se sont déve-

loppés avant l'achèvement de l'élongation de l'organe, ou des parois épaissies et couvertes de ponctuations simples ou aréolées. Ils ne se distinguent des trachéides que par la perforation complète des diaphragmes. Les vaisseaux et les trachéides du bois conducteur sont rarement entièrement remplis d'eau; ordinairement dans le bois frais ils renferment des *chapelets de Jamin* d'air et d'eau et peuvent même, à l'occasion, ne plus contenir que de l'air à une faible pression.

Ces quelques données anatomiques suffiront, je l'espère, pour que le lecteur, peu au courant de l'histologie végétale, n'éprouve pas trop de difficulté à bien comprendre les chapitres suivants.

4. La théorie atmosphérique de Bœhm et de R. Hartig; la théorie capillaire d'Elfving.

Le système conducteur se décompose en deux parties : 1° les tissus parenchymateux formés par des cellules vivantes entièrement remplies de liquides et limitées par des membranes non seulement élastiques, mais encore déformables; 2° le bois, qui consiste en cellules mortes et en vaisseaux pouvant renfermer à la fois de l'eau et de l'air et limitées par des membranes lignifiées et rigides.

Les cellules vivantes du bois n'interviennent pas.

Décrivons d'abord le mécanisme du mouvement de l'eau dans les parenchymes. M. Bœhm n'attribue pas à l'osmose le rôle prépondérant que je lui ai assigné plus haut; il croit au contraire que la paroi cellulosienne, perméable à l'eau, imperméable à l'air gazeux, suffit pour expliquer la transmission de la succion qui résulte de l'évaporation de l'eau à la surface des cellules transpiratrices. Une cellule donnée, perdant de l'eau, diminue de volume; sa paroi se rétrécit, se gauchit même; mais elle tend à reprendre son volume primitif; elle exerce donc une succion sur une cellule située plus profondément; celle-ci abandonne de l'eau à la première, diminue de volume; sa paroi tend à reprendre la forme primitive et ainsi de suite de proche en proche. L'ascension de l'eau dans un système semblable serait donc une résultante de l'élasticité des parois cellulosiques et de la pression atmosphérique.

Il n'en est plus de même dans le corps ligneux. Soient (fig. 6) V un vaisseau, CC des files de cellules placées à droite et à gauche et contiguës au vaisseau, le tout à parois rigides. La transpiration active dont les parenchymes superficiels sont le siège a transmis sa succion jusqu'au vaisseau et aux cellules; de l'air gazeux devient libre (a); pendant que le vaisseau se remplit d'un *chapelet de Jamin* qui ne peut plus être déplacé en bloc, chacune des cellules montre bientôt une bulle d'air qui en occupe sensiblement le centre. Il est clair que les bulles d'air seront d'autant plus grandes et à une pression d'autant plus faible qu'elles sont plus proches du sommet [1]. Le parenchyme prend-il de l'eau aux cellules 1 et au vaisseau, le volume de l'eau diminue dans ces éléments; par conséquent les bulles d'air qu'ils renferment grandissent et diminuent de pression. Il en résulte que la pression de l'air est plus forte dans les cellules 2 et dans la bulle a que dans les cellules 1; de l'eau sera donc chassée de ces cellules et du vaisseau dans leurs voisines supérieures, mais alors les bulles d'air grandissent, leur pression diminue et ainsi de suite. L'eau suivra d'élément en élément, de I et de 3 en 2, de II et de 4 en 3, etc., le chemin indiqué par les flèches. Ce travail se continue jusqu'aux racines où d'une part la poussée osmotique peut déjà fournir de l'eau, où d'autre part la pression atmosphérique, pesant sur l'eau du sol, peut faire pénétrer de l'eau par un mécanisme analogue à celui dont nous avons étudié les principes tout à l'heure. Dans le système ligneux à parois rigides, l'élasticité de l'air inclus remplace mécaniquement celle des parois cellulaires

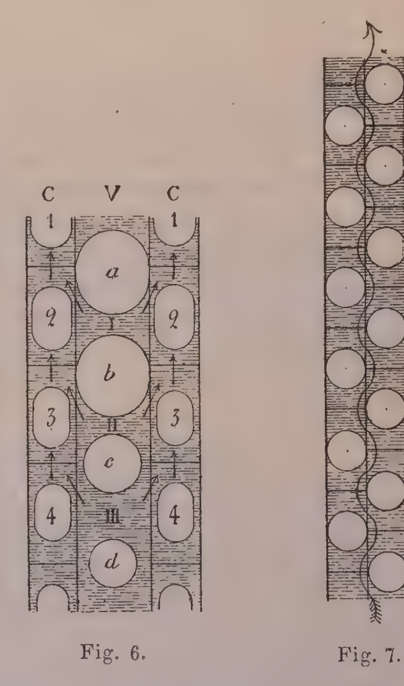


Fig. 6. Fig. 7.

des tissus parenchymateux. Les *chapelets de Jamin* dans les vaisseaux, la résistance à la filtration opposée par les parois lignifiées des cellules empêchent la colonne liquide de descendre; la pression atmosphérique morcelée quant à son

[1] On peut se rendre compte de la faible pression de l'air inclus dans les vaisseaux en coupant un vaisseau sous le mercure : si l'on force ce vaisseau longitudinalement, on trouve les vaisseaux injectés sur une assez grande longueur. (Expérience de M. Von Hœhnel).

action, depuis les racines jusqu'aux feuilles, où l'on peut admettre l'existence du vide de Toricelli dans les vaisseaux, est le moteur. Les diverses parcelles d'eau pèseraient donc sur les parois cellulaires, ne se sommeraient pas en une colonne continue, et l'eau serait chassée de cellule en cellule, de cellule en vaisseau, de vaisseau en cellule par des différences de pression de l'air inclus.

Les idées exposées par M. Elfving présentent trop d'analogie avec celles que je viens d'exposer pour que je ne leur consacre de suite quelques mots. Nous en discuterons la valeur en même temps que nous critiquerons la théorie de Bœhm.

Si l'on tâche de voir dans l'espace la distribution de l'eau et de l'air dans un groupe d'éléments ligneux, on peut arriver à deux résultats différents : ou bien les petites masses d'eau, abstraction faite des cloisons perméables qui les coupent, sont suspendues isolément à l'intérieur des corps ligneux comme le seraient des gouttes séparées les unes des autres; ou bien ces masses d'eau sont arrangées de manière à constituer par leur réunion un fil d'eau ou plusieurs fils d'eau allant de la base au sommet de l'arbre. Remarquons bien qu'il ne s'agit pas ici d'hypothèses, mais que nécessairement l'un ou l'autre cas, peut-être tous les deux se présentent.

Or le fil d'eau continu est la condition « *sine qua non* » des théories de MM. Bœhm et Elfving de forme ondulée (fig. 7); il consiste en particules d'eau dont chacune est limitée en haut et en bas par une bulle d'air; les bulles d'air portent même les index d'eau et M. Zimmermann a démontré par l'expérience que les bulles d'air peuvent porter une colonne d'eau qui équivaut à la sixième partie de l'ascension capillaire. Chaque index d'eau est donc en équilibre, n'exerce aucune pression de haut en bas; il a, en quelque sorte, perdu son poids. Un pareil système peut donc s'élever à une hauteur quelconque.

L'analogie avec le système de Jamin, qui ignorait malheureusement la structure du bois, est évidente. Comme dans le corps poreux que ce physicien employait, nous avons affaire à des fils d'eau portés par des bulles d'air. Il est vrai que les espaces capillaires de l'appareil de Jamin sont beaucoup plus fins que ceux du bois; mais ceci n'est que d'une importance secondaire; la nature de la surface évaporante est au contraire très importante; si cette surface est assez dense pour que l'air ne puisse pas la traverser, les espaces capillaires peuvent présenter une structure quelconque. Mais dans la plante, non seulement la surface transpiratrice satisfait à ce désidératum, mais encore le fil d'eau est coupé par d'innombrables cloisons perméables à l'eau et imperméables à l'air gazeux.

Passons maintenant aux objections qui ont été faites à ces théories.

Les fils d'eau dont parlent M. Bœhm et M. Hartig sont suspendus au ménisque supérieur. Mais audessus de ce ménisque supérieur est une bulle d'air d'une pression très faible, mettons même une bulle de vide. Si donc les tubes qui constituent le bois n'étaient pas capillaires, la pression atmosphérique ferait monter l'eau à 10 mètres de hauteur; comme ils le sont, il faut y ajouter l'ascension capillaire; soit au maximum 4 mètres, ce qui donne pour la hauteur maxima de l'arbre 14 mètres.

On accordera volontiers, je pense, que le système de M. Bœhm ou de M. Elfving, une fois suspendu dans le corps ligneux, peut s'y maintenir en équilibre grâce à la résistance à la filtration qu'opposent les innombrables cloisons qui coupent le fil d'eau. Les bulles d'air n'y sont plus pour rien, car il est indifférent que le fil d'eau soit rectiligne ou onduleux, il n'en tendra pas moins à descendre. La différence entre le système d'Elfving et celui de Jamin, réside en ce que les particules solides de Jamin y sont remplacées par des parois éminemment perméables qui font en quelque sorte elles-mêmes corps avec le fil d'eau. Mais la résistance qui s'oppose à la descente de la colonne liquide est nécessairement la même qui s'oppose à son ascension si une force quelconque vient solliciter la colonne dans cette direction : mouvement perpétuel.

Telle est l'objection faite, je ne dis pas par quelques-uns, mais par la grande majorité des auteurs qui se sont occupés de la question. Estelle inattaquable? Je n'oserais le soutenir. On a peut-être grand tort de faire intervenir la pression dans les affaires de capillarité. Il y a un fil d'eau suspendu en équilibre dans un système quelconque. Si nous tirons sur ce fil d'eau, il suit tout entier; la limite est donnée non par le poids du fil qui n'existe plus, mais par le frottement et la résistance à la traction du fil, résistance qui est d'autant plus grande que l'eau est parfaitement purgée d'air dissous.

C'est évidemment vers cette dernière conception que penche le schéma de M. Elfving. Ce savant ne se préoccupe pas de la pression de l'air : il ne fait agir que la capillarité seule et croit que le corps ligneux est un système capillaire perfectionné comparable à celui que Jamin a réalisé en foulant dans un tube divers corps pulvérulents.

M. Bœhm admettait que la pression de l'air inclus, très faible au sommet de l'arbre, était de plus en plus forte à mesure qu'on approchait de la

base, mais que même à l'extrémité des racines elle était encore au-dessous de l'atmosphère. Cette différence était à ses yeux la principale cause de l'absorption de l'eau. Quant à l'osmose, elle lui semblait trop lente dans ses effets pour qu'on pût se dispenser d'y recourir.

R. Hartig, au contraire, donne à la poussée des racines une importance dominante. Il admet en outre pour le mécanisme de l'ascension à l'intérieur du bois une modification du schéma de Bœhm. Ce seraient bien les différences de pression aérostatique qui chassent l'eau de trachéide en trachéide, mais à l'intérieur de chacune de ces cellules l'eau monterait en vertu de la capillarité; il ne dit pas comment.

Ce sont là, brièvement caractérisées, les diverses doctrines proposées par ceux des auteurs qui admettent que les forces en jeu sont purement physiques. Je me réserve cependant d'en citer encore deux autres plus récentes, l'une due à M. Bœhm et qui a été publiée récemment, l'autre que j'ai proposée moi-même il y a trois ans et que je puis aujourd'hui appuyer sur des expériences nouvelles.

En résumé, à toutes celles que je viens de décrire, on a reproché d'être contraires au principe de la conservation de l'énergie.

III

5. *Les théories physiologiques de Westermaier et de Godlewski.* — M. Westermaier fait remarquer que chez un grand nombre de Dicotylédones le bois composé de vaisseaux, de trachéides, de fibres, tous éléments anatomiques morts, est parcouru par deux sortes de tissus vivants, les rayons médullaires qui se dirigent de la périphérie à la moelle et le parenchyme ligneux touchant par ci par là aux vaisseaux, aux trachéides et en d'autres endroits aux rayons médullaires. Le bois renferme donc une sorte de réseau irrégulier et vivant qui enlace les éléments morts. Supposons maintenant que les vaisseaux renferment des *chapelets de Jamin* immobiles, et qu'un index d'eau occupe précisément l'endroit où le vaisseau confine à du parenchyme ligneux; ce tissu vivant absorberait de l'eau puisée dans le vaisseau et la transmettrait de proche en proche et par l'intermédaire d'un rayon médullaire à un autre vaisseau, mais à un niveau plus élevé. Cette propriété des tissus vivants d'absorber de l'eau et de rendre de l'eau à un niveau plus élevé serait assurément fort étrange; mais les parenchymes de la racine sont certainement dans le même cas : il y a donc un précédent. Autre chose est de savoir si ce mouvement osmotique, d'ailleurs purement hypothétique, car il ne repose sur aucune observation, est assez rapide pour expliquer l'ascension de la sève. M. Westermaier a essayé de s'en rendre compte à l'aide de la moelle vivante de quelque grande plante herbacée et qu'il a d'abord laissée se faner pour la plonger ensuite par une extrémité dans l'eau; il a noté le temps nécessaire pour que l'autre extrémité reprît sa turgescence. Le résultat a été peu encourageant. On a encore reproché à la théorie de M. Westermaier de ne pas s'appliquer aux Conifères qui ne possèdent pas de parenchyme ligneux proprement dit et chez lesquelles, par conséquent, les rayons médullaires ne communiquent point entre eux par des tissus vivants. On trouverait aisément d'autres bois qui manquent de parenchyme ligneux ou dont ce tissu est trop disséminé pour former des chaînes continues.

M. Godlewski n'a pas recours au parenchyme ligneux; il s'en tient aux Conifères dont il décrit soigneusement le bois, nous montrant qu'une cellule de rayon médullaire observée sur la coupe transversale confine à gauche et à droite à deux trachéides placées à des niveaux différents. Il suffirait donc que cette cellule puisât de l'eau dans la trachéide inférieure et la déversât dans la trachéide supérieure pour qu'elle fût comparable à une sorte de cœur, à une pompe aspirante et foulante. Autant de cellules de rayons médullaires, autant de moteurs. Pour que cela fût possible, il faudrait que la perméabilité du protoplasma se modifiât périodiquement et très vite, afin de réaliser les deux soupapes d'arrivée et de départ sans lesquelles la pompe ne pourrait pas fonctionner.

Que d'hypothèses! Même quand ces cellules seraient douées de cette merveilleuse propriété, il serait facile de démontrer que l'eau ne monterait en aucune façon. Il est vrai que les trachéides placées à droite et à gauche d'un rayon médullaire appartiennent à des niveaux différents; entre deux rayons médullaires il y a de nombreuses files de trachéides qui communiquent facilement entre elles par les ponctuations aréolées; or toutes ces files de trachéides sont disposées à des niveaux différents. La cellule vivante doit puiser à gauche, non pas seulement dans la trachéide à laquelle elle touche, mais par l'intermédiaire de celle-ci dans les suivantes; elle déverse de l'eau à droite non seulement dans la trachéide immédiatement contiguë, mais encore dans les suivantes, etc. Or comme toutes ces trachéides sont à des niveaux différents, et qu'elles sont nombreuses, on peut dire que leur niveau moyen est le même à droite et à gauche; les cellules des rayons médullaires sont condamnées au travail des Danaïdes.

Néanmoins la théorie de Godlewski a eu assez de retentissement. Je pense même que plusieurs

auteurs, fatigués de la lutte, ont fini par l'adopter. M. R. Hartig me paraît être de ce nombre. Un jeune savant hollandais, M. Janse, croyait même avoir démontré l'exactitude de cette théorie par des expériences dont il convient de dire quelques mots. La base d'un rameau ayant été tuée par de l'eau chaude, si l'eau ne continue pas à monter dans ce rameau, c'est que les cellules vivantes sont nécessaires à l'extension de la sève. M. Janse, voyant que ces rameaux se flétrissent et périssent à la longue, n'a pas hésité à se prononcer pour la théorie de Godlewski. J'ai répété ces expériences sur plusieurs plantes, le troëne, le framboisier, le rosier, le pin, etc. Toujours les rameaux soumis à ce traitement sont restés frais durant deux ou trois semaines; ce n'est qu'au bout de ce temps très long que les feuilles les plus jeunes commencent à souffrir visiblement, sans présenter bien manifestement les symptômes du manque d'eau. Si en ce moment on étudie au microscope la partie vivante du rameau avoisinant la région tuée par l'eau bouillante, on trouve les vaisseaux au moins partiellement bouchés par une matière gommeuse, c'est-à-dire par de la gomme cicatricielle qui se forme régulièrement dans le voisinage des parties tuées par la gelée, les brûlures, les blessures, etc. La présence de cette gomme explique d'une manière toute physique l'arrêt définitif de la sève ascendande.

M. Bœhm a fait récemment des expériences analogues sur des boutures de saule, dont il avait tué par l'eau bouillante soit les racines seules, soit les racines et la base de la tige. Ces boutures, ne trempant dans l'eau que par l'extrémité de leurs racines, ont continué à transpirer à peu près aussi activement que des boutures normales.

Contrairement à l'opinion de M. Janse, ces expériences prouvent que l'ascension de la sève se fait normalement dans un rameau de quelques décimètres de longueur et dont les tissus vivants ont été tués en tout ou en partie.

Est-ce à dire que les choses doivent se passer de la même manière dans un grand arbre? Évidemment non.

Malheureusement nous n'avons aucune expérience qui puisse nous renseigner à ce sujet.

Il faudrait répéter l'expérience de M. Janse sur un arbre tout entier dont on tuerait tout le bois conducteur jusqu'à la hauteur de 14 à 16 mètres. L'expérience ne serait pas irréalisable, mais malheureusement très coûteuse. Si les feuilles ne se fanaient pas en très peu de temps, si par exemple elles restaient fraîches pendant plusieurs jours, il faudrait en conclure que les tissus vivants du bois ne participent pas à l'ascension de la sève. On abattrait ensuite l'arbre pour s'assurer à l'aide du microscope de la profondeur à laquelle l'élévation de la température a été suffisante pour entraîner la mort des cellules.

6. *Retour aux théories physiques.* — Actuellement nous sommes toujours en présence de l'alternative suivante : 1° Les forces purement physiques suffisent pour élever l'eau jusqu'aux feuilles des arbres et alors les théories physiologiques, dénuées de tout fondement expérimental, n'ont pas de raison d'être. 2° Elles ne suffisent pas, et alors il faut tâcher de trouver la solution du problème dans l'osmose des cellules vivantes.

Il me semble que le premier désidératum à satisfaire est d'étudier soigneusement les phénomènes capillaires dont le bois est le siège. J'ai publié à ce sujet, il y a quatre ans, un travail dont les conclusions n'ont pas été réfutées malgré la promptitude avec laquelle quelques auteurs ont opposé aux théories physiques un « *veto* » généralement bien fondé. Je prends donc pour exemple le bois de Pin dont la figure ci-contre représente une coupe longitudinale tangentielle.

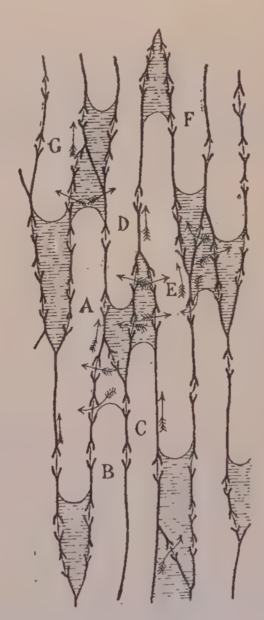


Fig. 8. — Schéma de la répartition et du mouvement de l'eau dans le bois conducteur d'une Conifère. La disposition des trachéides répond à ce qu'on voit sur une coupe tangentielle; mais on a été obligé de figurer les trachéides plus courtes relativement à leur largeur qu'elle ne le sont réellement. Il est donc probable que des masses d'eau résultant de la juxtaposition de deux ou plusieurs pointes, telles qu'on les voit auprès des lettres A et E doivent être plus rares et moins volumineuses. Les trachéides d'une même file radiale (perpendiculaire au plan du papier) étant sensiblement situées au même niveau, il faut se figurer ces masses d'eau continuées sous la forme d'un fil horizontal étendu depuis le cambium jusqu'à la limite interne du bois conducteur. On y reviendra plus loin dans le texte.

Chaque trachéide renferme une longue bulle d'air et dans chaque pointe une petite masse d'eau; elle est entièrement close par une membrane sa-

turée d'eau, imperméable à l'air gazeux, mais d'autant plus perméable à l'eau que les parois latérales (perpendiculaires au plan du papier) sont garnies de nombreuses ponctuations aréolées. On voit que, dans mon schéma, les petites masses d'eau ne sont pas disposées de manière à former un fil continu comme dans ceux de M. Bœhm et de M. Elfving.

La pression de l'air inclus dans ces trachéides est d'autant plus faible que l'élément anatomique est situé à un niveau plus élevé. Cette pression est donc plus forte dans la trachéide B que dans la trachéide A, plus forte en A qu'en D et en G. La pression de A fait passer une partie de l'eau contenue dans la pointe supérieure dans la trachéide D; en même temps la bulle d'air s'avance dans la pointe; mais, la pression de A ayant diminué, celle de B chasse de l'eau de la pointe supérieure de la trachéide B dans la trachéide A. Que devient cette eau librement répandue sur la paroi de A, et cela au moment même où le ménisque supérieur de la bulle d'air se trouve refoulé dans la pointe? En vertu de la tension de surface une partie de cette eau montera le long de la paroi pour aller se loger dans la pointe supérieure de A, et ce chemin qui équivaut ici à la moitié de la longueur de la trachéide est parcouru entièrement en vertu de la capillarité. J'ai même dit, et je le prouverai plus loin, que si, étant donnée une trachéide solée, on enlève de l'eau à la pointe supérieure, la pointe inférieure pouvant d'ailleurs recevoir de l'eau du dehors, une partie de l'eau contenue dans la pointe inférieure montera par capillarité le long des parois dans la pointe supérieure.

Ce cas particulier est indiqué dans la trachéide E.

M. Schwendener m'a objecté que la couche d'eau qui revêt intérieurement la paroi de la trachéide est trop mince pour être mobile et m'a opposé à ce sujet une expérience bien singulière. Il a étiré au chalumeau un tube de verre capillaire de manière à lui donner la forme d'une trachéide; après l'avoir mouillé, il a introduit de l'eau pure dans la pointe supérieure et de l'eau colorée dans la pointe inférieure; puis, ayant bouché la pointe supérieure, il plonge l'appareil verticalement dans l'eau; il a constaté qu'aucune trace de la matière colorante n'apparaît dans la pointe supérieure. Cette expérience n'a rien de commun avec ce que j'ai avancé; il aurait fallu tout au moins enlever de l'eau à la pointe supérieure au lieu d'en pousser dans la pointe inférieure [1].

Mais il y a dans cette expérience une autre faute, qu'on a commise d'ailleurs toutes les fois qu'on a voulu assimiler les vaisseaux et les trachéides des plantes à des tubes de verre. La paroi de ces éléments anatomiques n'est jamais lisse : elle est au contraire ornée tantôt de saillies vives en spirale, et c'est ce qu'on observe dans ces vaisseaux particuliers qu'on appelle des trachées et souvent dans les vaisseaux ponctués du bois secondaire, tantôt de ponctuations saillantes qui doivent retenir des quantités d'eau plus ou moins grandes. Le tube de verre qu'on a bien soin de nettoyer minutieusement, quand il s'agit d'expériences de capillarité, est au contraire absolument lisse. Les vaisseaux ponctués et surtout les trachéides n'ont que rarement une section circulaire : ils sont ordinairement prismatiques ou hémicylindriques ou cylindriques à section elliptique, etc.; les tubes de verre qu'on emploie sont des cylindres à section circulaire. Cela change notablement les conditions.

La spirale des trachées, par exemple, formant une saillie nettement accusée, crée à l'intérieur du vaisseau deux rigoles dans chacune desquelles l'eau reste suspendue sous la forme de fils qui relient entre eux les index d'eau successifs d'un *chapelet de Jamin*. Si on enlève de l'eau à un index supérieur, il monte de l'eau par ces rigoles de l'index immédiatement inférieur dans celui dont on vient de modifier le ménisque.

L'expérience est facile à réaliser avec un tube de verre thermométrique et de section circulaire. On roule un cheveu en spirale autour d'un fil de fer un peu plus fin que le calibre du tube, et, après avoir introduit le tout dans le tube de verre, on retire le fil de fer. En se déroulant un peu et, grâce à son élasticité, le cheveu reste dans le tube et simule la spirale du vaisseau. On fait passer de l'eau dans le tube pour le mouiller : il est rare alors que le cheveu ne se déforme pas en s'imbibant, mais peu importe. Il s'agit ensuite de former dans le tube un *chapelet de Jamin*, ce qui n'est pas une tâche aisée, tant les index d'eau coulent facilement les uns dans les autres; on bouche l'extrémité avec un peu de plâtre en s'arrangeant de manière à ce que le plâtre touche à de l'eau, non à de l'air, et, le tube étant maintenu, le bouchon de plâtre en haut dans une position verticale, on suspend à son extrémité une goutte d'eau teinte avec un peu de fuchsine. Au bout de quelques instants, grâce à l'évaporation de l'eau à la surface du plâtre, on voit l'index inférieur se colorer, puis le suivant et ainsi de suite jusqu'au plâtre qui finit par se colorer lui-même, tout cela sans que le *chapelet de Jamin* ait subi la moindre modification.

Qui oserait maintenant soutenir que les choses

[1] Ce n'est pas la première fois qu'on fait intervenir le mouvement de l'eau libre le long des parois cellulaires. M. Sachs, encouragé par le physicien Quincke, avait adopté cette idée avant la théorie de l'imbibition; mais il y a renoncé ui-même, surtout, semble-t-il, parce qu'il n'existe pas de communication ouverte dans le bois des Conifères.

ne se passent pas exactement de la même manière dans une trachée contenant un *chapelet de Jamin* et qui perd de l'eau à sa partie supérieure?

Cette expérience est applicable non seulement aux cellules dont la paroi est couverte d'ornements saillants et continus, formant par conséquent des rigoles, mais encore aux éléments anatomiques prismatiques, chez lesquels des rigoles semblables existent nécessairement dans tous les angles dièdres. Ainsi dans une trachéide prismatique telle que celles du bois de pin, contenant de l'eau dans les deux pointes, et une colonne d'air au milieu, les deux masses d'eau terminales sont nécessairement reliées entre elles par autant de fils d'eau qu'il y a d'angles, et si on enlève de l'eau à la pointe supérieure, grâce à la tension capillaire qui règne à la surface interne de la goutte d'eau creuse, de l'eau monte de la pointe inférieure dans la pointe supérieure.

Il n'est même pas nécessaire qu'il existe des angles dans le tube ou dans les éléments anatomiques : il suffit que la section ne soit pas circulaire, en effet la section de la colonne d'air emprisonnée dans ce tube capillaire se rapprochera toujours plus de la forme circulaire que celle du tube, l'épaisseur de la couche d'eau maintenue sur la paroi, entre la bulle d'air et celle-ci, sera plus forte dans les endroits où le rayon de courbure est plus petit.

On trouve dans le commerce des tubes de cristal dits « *à trou plat* » et qui sont destinés à la confection des thermomètres. La section intérieure des tubes que j'ai eus entre les mains est elliptique, le grand axe mesurant à peu près le double du petit. Il n'est pas facile de réaliser un *chapelet de Jamin* dans ces tubes, mais enfin on y parvient, si on ne tient ni à une grande régularité ni à la petitesse des couples air et eau. Involontairement on admire, pendant cette opération délicate, l'utilité des parois transversales perméables des trachéides ou des diaphragmes incomplets des vaisseaux, qui fixent l'emplacement des index d'eau. L'expérience que je viens de décrire réussit aussi bien avec ce tube à trou plat ne contenant aucun fil, même si les colonnes d'air ont plus d'un centimètre de longueur. On voit parfaitement à l'œil nu les deux rigoles contenant le liquide rouge et correspondant aux extrémités du grand axe de l'ellipse. Au point de vue de la capillarité ce tube est comparable aux trachéides du bois d'automne ; mais on comprend qu'on obtiendrait le même résultat avec un tube divisé longitudinalement par une cloison plane, avec un tube triangulaire à angles mousses, etc., formes qu'on observe si souvent lorsque les vaisseaux sont serrés les uns contre les autres.

Ce serait donc la capillarité surtout qui ferait monter l'eau ; les différences de pression y contribueraient seulement en ce sens que c'est toujours une trachéide inférieure qui déverse de l'eau dans une trachéide supérieure, non inversement parce que la pression de l'air inclus diminue de bas en haut. La pression atmosphérique n'est donc chargée que d'une petite partie du travail, la capillarité fait le reste grâce à la transpiration. Il n'est même pas bien sûr que l'intervention des différences de pression soit absolument nécessaire.

Dans son dernier travail, M. Bœhm, qui croit toujours à l'existence du fil d'eau continu, tel que je l'ai décrit à propos de son ancienne théorie, démontre nettement, sur des boutures de saule, que la capillarité seule suffit à tous les besoins. Il n'exclut cependant pas absolument l'intervention des différences de pression. Il tue par l'eau bouillante les racines et la partie inférieure de la tige de la plante ; il la mastique dans un flacon rempli d'eau bouillie qui communique avec un manomètre également plein d'eau. La plante, en absorbant l'eau, fait monter le mercure exactement à la hauteur barométrique ; mais l'absorption ne s'arrête pas ; le vide barométrique apparaît et grandit indéfiniment dans la partie supérieure du tube manométrique. Dans une autre expérence, le flacon n'est que partiellement rempli d'eau et on fait le vide à l'aide de la machine pneumatique. L'appareil étant fixé en même temps qu'une plante témoin placée dans des conditions normales, on voit au bout de quelque temps que la transpiration n'a pas très notablement diminué chez la plante ainsi traitée.

M. Bœhm termine son mémoire par cette phrase que je ne puis pas admettre entièrement sans réserve : L'absorption de l'eau par les racines et l'ascension de la sève se font par capillarité, l'approvisionnement du parenchyme des feuilles par la pression atmosphérique[1].

J. Vesque,

Maître de Conférences de Botanique
à la Faculté des Sciences de Paris.

[1] On trouvera dans la collection des *Annales agronomiques* de M. Dehérain, le résumé critique de presque tous les travaux qui ont été publiés à ce sujet depuis la création de ce recueil, ainsi que mes propres publications.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Stoffaes (Abbé), *Professeur à la Faculté catholique des sciences de Lille.* — **Cours de mathématiques supérieures à l'usage des candidats à la licence ès sciences physiques.** 1 *vol. in-8° de* 428 *pages* (8 *fr.* 50). *Gauthier-Villars et fils, Paris,* 1891.

Les livres destinés à venir en aide aux étudiants se préparant aux divers examens universitaires se multiplient sous la plume des membres du haut enseignement tant libre qu'officiel. Dans ce mouvement général, les maîtres de la Faculté catholique des Sciences de Lille se sont fait une place distinguée. Pour les candidats à la licence ès sciences mathématiques, M. Villié a rédigé ses *Compositions d'analyse, de mécanique et d'astronomie* et son *Traité de cinématique*; de même M. Witz, pour les candidats à la licence ès sciences physiques, son *Cours de manipulations de physique* et ses *Exercices de physique et applications.* C'est aujourd'hui au tour de M. l'abbé Stoffaes de donner aux étudiants de cette seconde catégorie le *Cours de mathématiques supérieures* que nous signalons ici. Le degré de culture mathématique exigé pour la parfaite assimilation du programme de physique de la licence ès sciences physiques n'est pas atteint sans quelque effort par certains candidats que la direction générale de leurs études a éloignés des spéculations purement analytiques et qu'effraie un peu le maniement du symbole algébrique. C'est pour ceux-là que M. Stoffaes a condensé dans le volume qui vient de paraître les notions de mathématiques supérieures (c'est-à-dire dépassant le programme du baccalauréat ès sciences) dont la connaissance leur est indispensable, et qui se rapportent à l'analyse algébrique, à l'analyse infinitésimale et à la géométrie analytique. Ces notions ne sortent pas, à la vérité, d'un domaine assez élémentaire; encore convient-il de les préciser avec soin; cela ne va pas sans quelques développements. M. l'abbé Stoffaes nous semble y avoir parfaitement réussi. Nous ne pensons pas que son mode d'exposition très clair et très méthodique doive présenter de difficulté pour les lecteurs auxquels il s'adresse et nous estimons qu'il y a apporté toute la rigueur désirable. Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux, entre autres, sur le chapitre consacré au développement des fonctions en séries. L'auteur a bien soin, à propos des séries de Taylor et de Maclaurin, de faire ressortir l'insuffisance de la convergence de la série pour que celle-ci soit applicable. Il prévient ainsi une idée fausse assez généralement répandue chez les élèves, et qui tient à l'emploi malencontreux fait par certains auteurs du mot *reste* pour désigner le *terme complémentaire* de la série; *reste* et *terme complémentaire* sont choses essentiellement distinctes; lorsque le premier tend vers zéro sans qu'il en soit de même du second, la série, bien que convergente, ne représente pas la fonction proposée. M. Stoffaes a fort bien mis en relief cette distinction, grâce en particulier, au soin qu'il a eu de se servir du mot *terme complémentaire.* L'expression de *reste* s'est pourtant encore glissée par inadvertance sous sa plume (p. 101, 7e ligne), mais ne peut, à l'endroit cité, donner lieu à aucune ambiguïté.

L'excellent ouvrage de M. l'abbé Stoffaes est appelé à se trouver entre les mains de tous les candidats à la licence ès sciences physiques à qui il rendra les plus grands services en les dispensant d'aller puiser à droite et à gauche, dans des traités généraux, les enseignements mathématiques dont ils ont besoin. Mais il n'est pas fait pour cette seule catégorie de lecteurs. Tous ceux qui, sans s'adonner d'une manière spéciale aux études mathématiques, ont besoin de s'en assimiler les théories fondamentales en vue d'applications à d'autres genres de recherches, pourront le consulter avec fruit.

M. D'OCAGNE.

Zórawski (C.). — **O pewnem odksztalceniu powierzchni.** (*Sur une déformation des surfaces.*) — *Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie, juin* 1891.

Dans ce mémoire M. C. Zórawski fait connaître une application de la théorie des transformations de M. Lie. Les notions fondamentales de cette théorie, telles que celles de « groupe de transformations », « transformation infinitésimale », « invariant différentiel », etc., permettent de traduire analytiquement ce problème : « Quelles sont les propriétés d'une surface qui restent invariantes, quand on fléchit la surface d'une façon tout à fait arbitraire? » Cet énoncé est dû à M. Lie lui-même (*Mathem. Annal.*, t. XXIV, p. 574-575); le travail de l'auteur est un développement des recherches qu'il n'a fait qu'indiquer dans cette courte note.

L'auteur nomme ces propriétés de la surface qui restent invariantes pendant chaque flexion « invariants de la flexion », et les divise en : « invariants de Gauss », « invariants de Beltrami » et « invariants de Minding », en se basant sur certaines analogies avec les invariants depuis longtemps connus : « courbure de Gauss », « paramètres différentiels de Beltrami » et « courbure géodésique de Minding ». En outre tous ces invariants se partagent en ordres.

Dans la première partie du mémoire qui est aussi la plus importante, l'auteur recherche combien d'invariants de la flexion appartiennent à chacune des espèces indiquées, et combien à chaque ordre; dans la seconde, il s'occupe du calcul des invariants de la flexion par l'intégration de certains systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre. Cette méthode, bien qu'il n'en existe pas de plus simple, nécessite des calculs assez pénibles. En terminant, l'auteur en indique une autre, dont il n'a pu toutefois déduire un mode systématique pour le calcul des invariants de la flexion.

(*Bulletin de l'Acad. de Cracovie*)

2° Sciences physiques.

Schuster (A.), *de la Société Royale de Londres.* — **La décharge de l'électricité à travers les gaz.** — *Extrait, par l'auteur, de la* « Bakerian Lecture » faite à la Société royale de Londres, le 20 mars 1890 (Proceedings, t. 47, p. 526).

Dans cette « lecture », j'ai rendu compte des expériences faites depuis six ans sur la décharge de l'électricité à travers les gaz, dans le but de mettre à l'épreuve la théorie précédemment exposée, d'après laquelle les atomes gazeux transporteraient la même quantité d'électricité que les ions d'un liquide.

Il s'agissait d'abord de discuter les circonstances dans lesquelles une décharge entre une électrode et un gaz peut se produire. E. Becquerel découvrit le premier que l'air placé entre des électrodes de platine chauffées au rouge cesse d'isoler; dans ce cas, le phénomène est particulièrement compliqué, en raison de l'occlusion des gaz dans le platine. Des recherches faites dans mon laboratoire par M. Arthur Stanton l'ont conduit à l'intéressante conclusion qu'une électrode de cuivre chauffée au rouge laisse échapper librement l'électricité

positive, tandis que la déperdition de l'électricité négative ne se produit que lorsqu'une action chimique a lieu à la surface; par exemple, si l'électrode est légèrement oxydée, l'électricité négative se décharge dans l'hydrogène ou dans l'air; lorsqu'elle est couverte d'une couche d'oxyde, la décharge ne se produit plus que dans l'hydrogène; au contraire, elle a lieu dans l'air, et non dans l'hydrogène, lorsque l'électrode est parfaitement polie. Ces phénomènes, avec quelques autres, m'ont conduit à la conclusion suivante :

Une libre décharge de l'électricité peut se produire entre l'anode et un ion négatif; d'autre part, il faut une chute de potentiel considérable pour produire un échange d'électricité entre l'ion positif et la cathode, à moins que celle-ci ne prenne part à une action chimique, auquel cas l'échange d'électricité peut devenir plus considérable qu'à l'anode.

J'ai démontré, en outre, par de longues observations, que, dans un tube vide, l'électrode négative est entourée d'une atmosphère de particules chargées positivement.

La chute du potentiel dans l'espace obscur, près d'une plaque négative, peut être exprimée par

(1) $$V = V_0 \left(1 - e^{-kx}\right),$$

V_0 étant le potentiel dans l'auréole; k dépend de la pression, mais non de l'intensité du courant.

La route décrite par les particules électrisées peut, comme on sait, être déduite de la luminosité produite par les chocs moléculaires. La trajectoire est rectiligne dans les circonstances ordinaires, mais elle s'incurve dans un champ magnétique. Si une particule de masse m, portant une charge e traverse à angle droit, avec une vitesse v, les lignes de force d'un champ magnétique d'intensité M, le rayon de courbure de la trajectoire est déterminé par l'équation

(2) $$\frac{mv^2}{r} = Mve$$

que l'on obtient en égalant à la force centrifuge la force qui s'exerce à chaque instant sur la molécule.

D'autre part, la force vive de la molécule est égale au travail exercé sur elle, lorsqu'elle passe, sans perte d'énergie de la cathode au potentiel zéro, en un point au potentiel V; donc

(3) $$2Ve = mv^2$$

En éliminant v entre (2) et (3), on trouve

(4) $$\frac{e}{m} = \frac{2V}{M^2 r^2}.$$

Toutes les quantités du second membre peuvent être déterminées, et, comme on ne peut admettre que toute l'énergie Ve s'est transformée en force vive, cette dernière équation devient pratiquement une inégalité donnant la limite supérieure de $\frac{e}{m}$.

En écrivant l'équation (2) sous la forme

(5) $$\frac{e}{m} = \frac{v}{Mr},$$

on en déduira une limite inférieure de $\frac{e}{m}$, en remplaçant respectivement v et r par la vitesse des molécules gazeuses d'après la théorie cinétique et le plus petit rayon de courbure qui peut être tracé dans l'auréole. On trouve de cette manière :

$$10^6 > \frac{e}{m} > 10^3,$$

tandis que, dans les liquides, on a $\frac{e}{m} = 2.10^3$.

La discussion des phénomènes conduit à admettre que la valeur de $\frac{e}{m}$ est plus voisine de 10^3 que de 10^6; des expériences en cours permettront sans doute de réduire ces limites. Jusqu'ici, aucune théorie ne rendait compte de la grande quantité d'électricité transportée par chaque atome de gaz.

Le manque de symétrie, aux deux pôles d'un tube vide, est probablement causé par le fait que la loi des chocs entre les ions et les molécules neutres est différente pour les atomes positifs et négatifs. L'expérience semble montrer que la diffusion des ions négatifs se fait plus rapidement que celle des ions positifs. L'espace obscur est probablement dû au fait que, si la chute de potentiel est plus grande qu'une certaine valeur critique, ces ions diffusent sans beaucoup de perte d'énergie au choc; si la chute est plus faible que cette valeur critique, la grande vitesse que ces particules ont atteinte par la répulsion du pôle négatif est réduite par le choc, et transformée en énergie lumineuse.

Arthur SCHUSTER,
Membre de la Société Royale de Londres.

Armstrong (Henri) et **Rossiter** (E.). — **Action de l'acide nitrique sur les dérivés du naphtol, considéré comme indiquant le mode suivant lequel s'effectue la nitration dans les composés aromatiques en général.** — *Mémoire présenté à la Société de Chimie de Londres, le 11 mai 1891.*

Les dérivés chlorés et brômés du β-naphtol, chauffés avec de l'acide nitrique se transforment en dérivés de la β-naphto-quinone; mais la formation de ces produits est précédée par celle de composés intermédiaires instables. Ces composés ont pu être isolés. Les auteurs pensent que ce sont des dérivés nitro-bromocétoniques correspondant aux composés dichloro-cétoniques de Zincke, et que leur formation montre que l'acide azotique réagit tout d'abord sur le β-naphtol en donnant un produit d'addition :

Br, OH + AzO^3H = Br, AzO^2, OH, OH

Ce composé se déshydrate ensuite sous l'influence de la chaleur et l'on obtient la réaction suivante :

Br AzO^2, O|H|, |OH| = Br AzO^2, O + H^2O.

Si l'on admet que la formation de ces produits d'addition précède toujours celle des dérivés nitrés, on obtient une interprétation satisfaisante d'un certain nombre de faits restés encore inexpliqués. L'impossibilité d'obtenir des composés nitrés des paraffines, sauf dans un petit nombre de cas particuliers, apparaît comme la conséquence naturelle de l'incapacité des paraffines à donner des composés d'addition.

On peut expliquer également le fait signalé par Nœlting de la formation de dérivés du phénol dans la nitration de certaines carbures (toluène et orthoxylène). On aurait alors les 2 réactions :

(1) + AzO^3H = H OH, H, AzO^2

(2) H OH, H, AzO^2 = OH + AzO^2H.

Ici le composé d'addition perdrait AzO^2H au lieu H^2O.

Tout agent susceptible de favoriser la séparation des éléments de l'eau du composé d'addition augmenterait la production du composé nitré et diminuerait celle du dérivé phénolique. Or c'est un fait bien connu que l'on obtient des rendements plus élevés dans la préparation des dérivés nitrés par l'emploi d'un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique. Un autre fait qui s'explique de la même façon a été signalé par M. Grove; c'est la production du trinitrophénol dans la préparation de la binitrobenzine. Georges CHARPY.

3° Sciences naturelles.

Houzeau (A.), *Correspondant de l'Institut.* — **Rapport sur les champs de démonstration.** — *Adressé à M. le Préfet du département de la Seine-Inférieure. Imprimerie de Espérance Cagnard*, 88, *rue Jeanne-d'Arc, Rouen*, 1891.

Ce rapport, résumé des travaux agronomiques exécutés en 1890 par M. Houzeau et par un certain nombre de collaborateurs, comprend un grand nombre de tableaux qui en forment la majeure partie. Chacun d'eux est accompagné de quelques pages mentionnant les observations et les résultats généraux que l'on en peut tirer. Nous ne pouvons mieux faire, dans notre compte-rendu, que de suivre l'ordre adopté par le savant directeur de la station agronomique de la Seine-Inférieure.

Première partie. Champs de démonstration. — *Culture de l'avoine.* — Certains champs ont donné une récolte rémunératrice, tandis que d'autres ont causé une perte, due à la verse qui s'est produite avec tant d'intensité en 1890.

Culture du blé. — Il a été cultivé comparativement en y ajoutant soit du fumier seul (20 000 kilos à l'hectare), soit cette même dose de fumier additionné d'engrais complet. Ce dernier a été partout rémunérateur, sauf dans un champ où la richesse du sol a rendu nul l'effet des engrais.

Deuxième partie. Champs d'expériences. — *Culture de l'avoine.* — En cherchant l'effet produit sur une même variété par des doses différentes d'engrais, on a constaté que, toutes proportions gardées, le bénéfice est plus grand quand on met plus d'engrais.

Culture du colza. — Dans ces expériences, l'engrais complet n'a pas été payé par l'excédent de récolte, ce qui tient probablement à ce que la dose d'acide phosphorique ajoutée était trop forte, le sol en contenant déjà une assez grande quantité provenant des fumures antérieures.

Culture des betteraves à sucre. — Avec l'engrais chimique seul, la variété qui a fourni le jus le plus sucré a été la Vilmorin améliorée, résultat constaté déjà souvent; mais la variété la plus productive en racines et en sucre à l'hectare a été la Fouquier d'Hérouel.

L'engrais intensif comparé à l'engrais complet sur la variété Desprez élève le rendement à l'hectare de plus de 4 500 kilos, sans grand avantage au point de vue économique.

En associant le fumier à l'engrais chimique, ce dernier produit un effet nul, pécuniairement parlant, ce qui s'explique par la grande quantité de potasse qui est mise ainsi à la disposition des racines et qui fait baisser la densité de leur jus.

Culture du blé. — En recherchant l'influence des variétés avec un même engrais, on voit que cette influence est capitale, ainsi que l'ont déjà établi plusieurs agronomes compétents et notamment M. Dehérain. Dans les expériences rapportées par M. Houzeau, tou a pu porter le rendement par hectare de 17 hectolit. 1/2 de grains à 28 hectol. en faisant simplement un choix judicieux de la variété semée.

L'engrais intensif a provoqué la verse des blés qui en avaient reçu. On a aussi essayé les cultures à gros apports d'azote; malheureusement l'année a été défavorable.

L'auteur signale à ce sujet les risques que l'on court de voir l'azote soluble entraîné par les eaux de draînage, et rappelle les expériences exécutées par M. Dehérain [1] qui propose les cultures dérobées pour éviter ces pertes. A. HÉBERT.

Parker (T. Jeffery). — **Lessons in elementary Biology**, 1 *vol. in-8°* (13 *francs*). *Macmillan and C°, London*, 1891.

Cet ouvrage est destiné à servir de guide aux étudiants qui se destinent aux sciences naturelles et à les aider dans leurs premiers exercices de laboratoire en leur donnant une description sommaire, mais très suffisante, d'un grand nombre de formes végétales et animales inférieures. C'est en quelque sorte un complément de l'ouvrage très connu de Huxley, *Practical Biology* [2]. Mais tandis que ce dernier auteur a choisi un petit nombre de types dont il a étudié à fond l'organisation, le genre de vie, etc., M. Parker prend des exemples beaucoup plus nombreux; aussi se contente-t-il de consacrer quelques pages à chacun des types qu'il choisit. Je ne veux pas dire par là que les descriptions soient trop courtes; je les trouve très suffisantes et surtout très claires. Aussi j'ai regretté que M. Parker n'ait choisi ses exemples que parmi les formes les plus simples du règne animal et végétal : Amibe, Euglène, Protomyxa, Saccharomyces, Bactérie, Paramœcium, Foraminifère, Mucor, Vaucheria, etc. Il étudie très sommairement, ou, pour être plus exact, il n'étudie pas du tout les Végétaux Gymnospermes et Angiospermes, ni les animaux supérieurs aux Cœlentérés, sauf le *Polygordius* : c'est là le reproche le plus grave que j'aie à lui adresser. Pourquoi donner dans le livre toute la place aux formes inférieures, incontestablement fort intéressantes, et négliger complètement les types supérieurs? Est-ce parce que l'histoire de ces derniers a été faite, d'une manière si remarquable d'ailleurs, par Huxley? Mais il me semble que dans un ouvrage destiné à des commençants ou à des étudiants, il serait préférable de choisir un exemple dans chaque classe ou dans chaque embranchement, et après avoir montré comment on étudie une Spirogyre ou une Vorticelle, de montrer comment on dissèque un Arthropode ou un Poisson.

Mais cette critique faite, je n'ai plus qu'à louer la manière dont l'ouvrage est conçu. C'est une série de petites monographies très bien faites, quelquefois très originales, qui indiquent aux élèves ce qu'ils ont à chercher et à voir. J'estime que dans un ouvrage qui doit être avant tout un *vade-mecum* pratique, l'auteur a eu raison de ne pas débuter par des définitions, des généralités et des questions de doctrine. Il entre de plain-pied dans son sujet en commençant l'étude d'une forme très inférieure : l'*Amibe*, et sans discuter les différences entre les végétaux et les animaux, il continue par l'*Hœmatococcus*, l'*Heteromita*, l'*Euglène*, etc. Ce n'est pas que M. Parker ait laissé systématiquement de côté les questions générales; mais il ne les aborde que lorsque le lecteur possède déjà quelques notions sur la structure des êtres organisés; aussi la lecture des pages qui se rapportent à la cellule et à la division des cellules, à l'origine des espèces, à la distinction entre les végétaux et les animaux, à la fécondation, etc., est-elle beaucoup plus profitable au début tant que si on la lui avait imposée dès le commencement de l'ouvrage.

Le livre de M. Parker rendra, j'en suis persuadé, de grands services aux étudiants et aux personnes qui veulent se familiariser avec les sciences biologiques. Il est regrettable que nous ne possédions pas un livre analogue écrit en français; pareil ouvrage serait certainement bien accueilli par les candidats à la licence ès sciences naturelles. R. KŒHLER.

[1] Voy. la *Revue;* 1890 ; p. 496.

[2] HUXLEY. *Cours élémentaire et pratique de Biologie*, traduit de l'anglais par Prieur. O. Doin, 8, place de l'Odéon Paris.

4° Sciences médicales.

Babes et **Oprescu.** — **Sur un bacille trouvé dans un cas de septicémie hémorragique présentant certains caractères du typhus exanthématique.** *Ann. de l'Institut Pasteur, mai* 1891.

Le description du typhus exanthématique et des lésions qu'on y rencontre donne l'impression qu'il ne s'agit pas d'une maladie reconnaissant toujours la même étiologie. Cette maladie revêt des formes cliniques très variables, et s'il est facile de la distinguer de la fièvre typhoïde, il n'en est plus de même en ce qui concerne la septicémie hémorragique, et il y a lieu de se demander si le typhus exanthématique mérite d'être décrit comme une entité morbide à part.

Le mémoire de MM. Babes et Oprescu a trait à un cas de ce genre que les auteurs ont pu étudier complètement : ce cas étant unique, ils n'ont pas naturellement tiré de conclusion générale, mais leur étude fort complète sera un très important document pour la solution des problèmes que nous venons de soulever.

Le malade avait succombé dans la prostration, après avoir présenté des troubles intestinaux, et une éruption de taches ecchymotiques analogues à une éruption de purpura hémorragique. On put, quelques heures après la mort, faire des ensemencements bactériologiques nombreux avec divers organes, et les diverses méthodes de culture permirent d'isoler un microbe, qui paraît avoir été la cause première de l'évolution morbide.

Ce micro-organisme se présente sous la forme d'un bacille court, se réunissant souvent deux par deux et légèrement ovale, sans sporulation appréciable. Il se colore, quoique faiblement, par la méthode de Gram. Le bacille est doué d'une grande mobilité ; il fait fermenter le glucose en dégageant beaucoup de gaz. La gélatine n'est jamais liquéfiée.

Les cultures de ce bacille sont virulentes pour le cobaye, la souris, le lapin, le pigeon, la corneille ; le chien s'est montré réfractaire, tandis que le lapin est très sensible. L'action locale du bacille, au point d'inoculation, consiste dans la production d'un œdème hémorragique, tandis que l'action générale consiste dans l'envahissement de tous les organes par le bacille, dans une septicémie avec hypertrophie de la rate, lésions semblables à celles observées sur l'homme.

Une excellente planche, annexée au mémoire de MM. Babes et Oprescu, montre la morphologie du micro-organisme et sa répartition dans les organes.

D[r] H. Dubief.

Salazar (A. E.), **Newman** (C.), et **Blanchard** (R.). — **Examen quimico y bacteriologico de las aguas potables.** (Examen chimique et bactériologique des eaux potables) *avec un chapitre sur les animaux parasites introduits par l'eau dans l'organisme.* 1 *vol. in-*8° *de* 500 *pages avec nombreuses figures dans le texte et planches photographiques hors texte.* — *Burns and Oates,* 28, *Orchard Street, London,* 1891.

La question de la pureté des eaux est devenue la préoccupation principale des hygiénistes. Le présent ouvrage témoigne de l'intérêt qu'elle suscite dans la jeune Amérique espagnole, où les administrations s'efforcent de doter d'eau salubre les villes nouvelles.

Les auteurs se sont appliqués d'abord à préciser les caractères chimiques des eaux potables, ensuite à exposer les méthodes qui conviennent à l'analyse chimique et bactériologique des eaux.

Pour que celles-ci aient « droit de cité », il ne leur suffit pas d'être, comme on disait autrefois, limpides, insipides, inodores, capables de faire mousser le savon et cuire les légumes ; il faut de plus qu'elles contiennent, en de certaines proportions, des sels et des gaz, enfin qu'elles soient à peu près exemptes de matières organiques et surtout organisées.

MM. Salazar et Newman discutent les quantités maxima et minima des divers sels que l'eau doit tenir en solution, et décrivent avec beaucoup de soin les meilleurs procédés à employer pour doser ces sels, notamment les sels calcaires, sulfates, carbonates et chlorures, la matière organique et les gaz. Ils insistent sur les relations qu'il peut y avoir entre les substances dissoutes (salines, gazeuses et organiques) et les organismes microscopiques en suspension dans le liquide. On sait que la richesse en matière organique coïncide le plus souvent avec la richesse en bactéries, la durée individuelle et la prolifération de celles-ci dans l'eau pouvant dépendre de la qualité et de la quantité des aliments qu'elles y trouvent. C'est pourquoi les auteurs insistent sur le dosage, toujours délicat, de la matière organique et lui consacrent un chapitre étendu. Ils préconisent dans ce but la méthode de Nessler à l'iodure de mercure et de potasse en solution potassique et celle de Wanklyn, Chapman et Smith, fondée sur ce fait que les albuminoïdes dégagent de l'ammoniaque quand on les traite par le permanganate de potasse en solution fortement alcaline.

Le dosage de l'oxygène y est aussi décrit ; mais les auteurs ont omis d'indiquer le procédé à l'acide pyrogallique, que recommandent cependant sa rapidité et la facilité de son emploi. Nous regrettons aussi de ne point trouver dans leur livre assez de détails sur le dosage de l'acide carbonique et de l'azote. Enfin il eût été utile de décrire avec soin la manière de recueillir une eau pour opérer le dosage exact de ses gaz, car les précautions à ce sujet sont importantes et en général peu connues.

MM. Salazar et Newman pensent que l'abondance relative de la soude par rapport à la potasse dans les sels dissous indique l'origine animale de la matière organique en solution ; le phénomène inverse, c'est-à-dire la richesse en sels de potasse, correspondrait à des substances dérivées des végétaux. C'est une remarque suggestive, mais à laquelle il serait pourtant dangereux de se fier.

La partie bactériologique est largement traitée. Elle comprend quelques notions générales sur la constitution et l'évolution des bactéries, les infections que l'eau peut propager en devenant le véhicule de certains de ces micro-organismes, les procédés pour les rechercher dans l'eau, en déterminer le nombre approximatif, les étudier au moyen des méthodes variées de culture et d'inoculation. Toute cette technique est exposée en détail : les meilleures méthodes y sont indiquées d'une façon claire et précise, avec accompagnement de figures et de photogrammes bien choisis. Mais nous eussions aimé trouver dans ce livre, indépendamment de cette technique générale, la technique spéciale à la recherche des quelques virus animés dont le transport par l'eau est aujourd'hui hors de doute, le microbe de la fièvre typhoïde par exemple. C'est l'étude de ces cas spéciaux qui est surtout intéressante dans la pratique.

La troisième partie du livre reproduit l'important mémoire que notre compatriote, le D[r] Raphaël Blanchard, avait déjà fait paraître en notre langue (*Revue d'Hygiène*) sur les parasites non microbiens, susceptibles d'être introduits dans notre organisme, par l'eau de boisson. L'adjonction d'un tel travail à un ouvrage sur l'eau potable, constitue une heureuse innovation, car, depuis quelques années, l'attention légitimement accordée aux bactéries, avait fait un peu oublier les parasites animaux et le danger des eaux où ils vivent.

Parmi les Protozoaires M. Blanchard décrit les espèces suivantes : *Amœba Coli*, *Cercomonas* et *Monocercomonas Hominis*, *Trichomonas intestinalis* et *vaginalis*, *Lamblia intestinalis*, *Balantidium Coli*. Il examine ensuite les conditions générales de l'infection par les Helminthes et fait connaître les caractères des principaux de ces parasites aux divers stades de leur évolution. Il étudie successivement Trématodes, Nématodes, Ténias, Botriocéphales, Distomes, Filaires, Rhabdonema variés et Linguatules, en ayant soin d'indiquer les moyens de déceler leur présence dans l'eau et quelquefois de l'en préserver.

L. O.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

(La plupart des Académies et Sociétés savantes, dont la **Revue** *analyse ordinairement les travaux, sont actuellement en vacances.)*

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 août.

1° Sciences physiques. — M. **F. Dussaud** a étudié par diverses méthodes la réfraction et la dispersion du chlorate de soude cristallisé; il a étendu cette étude à l'ultra-violet.

2° Sciences naturelles. — M. **N. Gréhant** propose, pour rechercher l'oxyde de carbone dans un milieu gazeux qui n'en renferme qu'un dix-millième, la méthode suivante : on fait passer pendant une demi-heure d'une façon continue, au moyen d'un dispositif spécial, le gaz comprimé à 5 atmosphères à travers 50 centimètres cubes de sang; la différence observée dans la capacité respiratoire de ce sang avant et après l'expérience montre nettement la présence de l'oxyde de carbone. — M. **de Lacaze-Duthiers** annonce que les huîtres élevées dans le vivier de Roscoff ont commencé à se reproduire; la constatation de cette reproduction hors de l'eau courante présente un intérêt au point de vue de l'élevage des huîtres. — M. **F. Guitel** a observé les mœurs du *Gobius minutus* au moment de sa reproduction; le mâle construit un nid sous une coquille de bivalve retournée, y amène une femelle et prend soin de la ponte pendant le développement; en fournisssant à ces poissons des verres de montre au lieu de coquilles, M. Guitel a pu étudier facilement les divers phénomènes qui se succèdent. — M. **M. Mendelsohn**, d'après de nombreuses observations personnelles sur des malades atteints d'affections neuromusculaires variées, établit une classification des altérations pathologiques de la forme de la secousse musculaire; il ramène ces formes pathologiques aux quatre types suivants : courbes spasmodique, paralytique, atrophique, dégénérative; ces types peuvent passer de l'un à l'autre pendant l'évolution d'une même maladie. — M. **Domingos Freire** annonce que depuis sa dernière communication à l'Académie, il a pratiqué un nombre considérable d'inoculations préventives de la fièvre jaune, au moyen des cultures atténuées du microcoque qu'il cultive; les résultats statistiques qu'il présente accusent une diminution énorme de la mortalité par le fait de la vaccination. — M. **Baÿ** présente un thermocautère dont l'incandescence est entretenue automatiquement par un récipient à alcool d'une disposition spéciale; une seule main suffit pour la manœuvre de l'instrument. — MM. **Fouqué** et **Michel Lévy**, dans une série d'expériences déjà anciennes, avaient reproduit, par fusion ignée et recuit prolongé à la pression atmosphérique, un assez grand nombre de roches basiques; ils avaient reconnu en même temps l'impossibilité de reproduire de la même façon la plupart des minéraux des roches acides. S'appuyant sur les recherches de Sénarmont, de M. Daubrée et de M. Friedel, ils ont pensé qu'il fallait, pour effectuer cette synthèse, combiner l'action de la chaleur avec celle de l'eau sous pression. En chauffant au rouge vif pendant plusieurs semaines, dans des creusets en platine iridié, hermétiquement clos, du granite de Vire fondu et pulvérisé avec une petite quantité d'eau, ils ont obtenu un *trachyte micacé* comprenant à l'état de cristaux nettement reconnaissables, l'orthose, le mica noir et des spinelles.

Mémoires présentés : — M. **Al. Bretin** : « Réflexions sur la théorie actuelle de la thermodynamique. » — M. **H. Arnaud** : « L'urée n'est pas un poison. » — M. **H. Baraduc** : « La Biométrie : procédé de mensuration de la tension vitale avec le magnétomètre Fortin. »

Séance du 17 août 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Ribaucour** : Sur les systèmes cycliques. — M. **H. Deslandres** a étudié par la photographie l'atmosphère du soleil dans la partie du spectre qui comprend le bleu, le violet, et l'ultra-violet jusqu'à λ 380; il a reconnu que les raies H et K du calcium y sont douées d'une intensité bien plus grande que les raies de l'hydrogène; la photographie de ces raies permet, étant donnée leur intensité, d'observer les protubérances avec une dispersion bien plus faible que celle que nécessite l'hydrogène; de plus, comme le temps de pose peut être assez court, on peut enregistrer photographiquement les formes et les vitesses des protubérances. M. Deslandres indique le dispositif de l'appareil qu'il destine à cette étude. — M. **J. Fenyi** a observé le 17 juin 1891 une protubérance solaire qui s'élevait avec une vitesse énorme; d'après ses observations, l'auteur calcule que la masse projetée ne doit jamais retomber sur le soleil.

2° Sciences physiques. — M. **G. Hinrichs** montre comment les relations établies par lui entre les températures des changements d'état pour une série de corps et les formules de ces corps permettent de choisir entre les diverses représentations géométriques possibles de l'arrangement des atomes; il applique cette méthode à la série des paraffines normales, et conclut que ces corps doivent être représentés par des prismes où la position de l'atome de carbone alterne d'un nœud à l'autre. — M. **Paquelin** présente un nouveau système de chalumeau à essence minérale, actionné par une soufflerie, et dont la partie originale est constituée par un carburateur à régulation variable. — M. **Manuel-Périer**, à propos d'une communication de M. Paquelin sur une nouvelle disposition du thermo-cautère, rappelle qu'il avait fait lui-même breveter en 1890 un appareil dans lequel le manche reçoit de la soufflerie un courant d'air réfrigérant.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Schneider**, frappé de la singularité anatomique que présentaient les Isopodes dans la série des articulés par suite de la position de leur collier vasculaire en avant de l'anneau nerveux, a repris l'étude de la question; il a constaté qu'indépendamment des deux artères qui continuent l'aorte en avant, il existe *en arrière* du collier nerveux deux artères qui contournent le tube digestif pour s'unir au-dessous de l'estomac, et au-dessus de la masse nerveuse inférieure. — M. **Moynier de Villepoix** a étudié chez l'*Helix aspersa* la zone molle et diaphane qui borde la coquille et par laquelle celle-ci s'accroît. Les éléments producteurs du test sont : 1° une gouttière formée par l'épithélium palléal au point de rencontre avec l'épiderme recourbé en dedans de la coquille; il y a là des culs-de-sac glandulaires sécrétant des globules sphériques hyalins particuliers; 2° en arrière de cette gouttière, une bandelette glandulaire où s'effectue le dépôt du calcaire; 3° tout l'épithélium palléal situé en arrière de la bandelette; celui-ci augmente l'épaisseur de la coquille par l'adjonction de couches organo-calcaires. Lorsque l'animal a atteint sa taille définitive les deux premiers organes glandulaires disparaissent; seul l'épithélium du manteau demeure actif, continue à épaissir le test en dedans, et répare de la même façon les brèches survenues accidentellement.

Séance du 24 août 1891.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. M. **Ribaucour** : Sur les systèmes cycliques. — M. **P. Serret** : Sur une propriété d'involution commune à un groupe plan de cinq droites et à un système de neuf plans. — M. **Tacchini** adresse le résumé des observations solaires faites à l'Observatoire du Collège romain pendant le deuxième trimestre de 1891. — Dom **Et. Siffert** examine les diverses causes qui peuvent contribuer à faire disparaître dans les comètes la queue antérieure que la théorie donnée en 1862 par M. E. Roche prévoit concurremment avec la queue postérieure.

2° SCIENCES PHYSIQUES. M. **Ch. Antoine** traite par le calcul la relation qui unit la tension de la vapeur d'eau à la température, jusqu'à 200 atmosphères, pour arriver à une formule qui rende compte des résultats obtenus par MM. Cailletet et Collardeau.

3° SCIENCES NATURELLES. M. **E. Wertheimer** a repris la question de savoir si le foie élimine directement les principes immédiats de la bile introduite dans le sang ou s'il transforme ces éléments. Déjà Baldi avait observé le changement de couleur de la bile d'un chien dans les veines duquel on injecte de la bile de bœuf. M. Wertheimer a recherché au spectroscope, dans les mêmes conditions, le passage de la cholohématine de la bile des herbivores, matière colorante qui manque dans la bile du chien ; il a constaté nettement ce passage, qui s'effectue avec une grande rapidité.

Histoire des Sciences. — M. **A. Marre** adresse une note établissant que La Condamine est né le 27, et non le 28 janvier 1701.

Mémoires présentés. — M. **G. Trouvé** : « Etude sur la navigation aérienne. Hélicoptère électrique captif. Aviateur-générateur-moteur propulseur. » — M. **F. Daligault** : Note relative à un *télémètre*. — M. **D. Billy** : Mouvement oscillatoire d'une plaque de plomb placée en équilibre sur une plaque de cuivre cintrée et chaude.

L. LAPICQUE.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 11 août.

M. le Dr **Chaput** : Entéro-anastomose en un temps pour un carcinome du cœcum, guérison. — M. le Dr **Gérard-Marchant** : Fixation d'un foie mobile et d'un rein mobile, guérison. — M. le Dr **René Blache** : La protection de l'enfance dans le département de la Seine pendant l'année 1889. — M. le Dr **Girard** (de Panama) : Sur l'action de l'ozone sur le sang et son accumulation dans certains corps.

Séance du 18 août 1891.

Dans un mémoire lu précédemment à l'Académie, le Dr Motais (d'Angers) avait conclu à l'hérédité de la myopie ; M. **Javal** ne partage pas cette opinion. Pour lui, la myopie résulte d'une hérédité de milieu et tient à ce que les parents, qui sont myopes, surveillent mal les premières études de leurs enfants et ne sont pas étonnés de les voir regarder de trop près. Par contre, l'astigmatisme est héréditaire et prédispose à la myopie. L'astigmatisme, dû à une forme vicieuse de la cornée, rendant moins nette les images formées sur la rétine, oblige l'enfant à faire des efforts et à prendre de mauvaises attitudes qui deviennent une cause efficiente de la myopie. L'astigmatisme tient non seulement à la famille, mais à la race. Ainsi les Israélites sont astigmates; leur astigmatisme a pour effet de rendre les lignes horizontales moins nettes que les verticales, d'où leur écriture à traits pleins horizontaux, tandis que pour les Européens c'est le contraire qui a lieu. M. Javal est partisan de l'écriture droite et rappelle à ce sujet le précepte qu'avait formulé G. Sand : « Cahier droit, écriture droite, corps droit. » — M. **Pinard** : Nouveaux documents pour servir à l'histoire de la grossesse extra-utérine.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 25 juillet 1891.

M. **Féré** a exploré la forme du mouvement de protraction des lèvres par un procédé analogue à celui qu'il avait employé pour la langue; de même que dans ce cas, il a trouvé dans les paralysies faciales tout à leur début, comme aussi chez les muets, une diminution considérable de cette force. Il a étudié aussi, au moyen d'un dynamomètre spécial, la force avec laquelle se rapprochent les mâchoires. — M. Féré a encore examiné chez 165 sujets de tout âge, comment varie la taille en passant de la position debout au décubitus dorsal. — M. **M. Mendelsohn** expose la méthode par laquelle il étudie le sens du tact, et les principaux résultats de ses recherches. — Après la communication de M. Sanchez Toledo sur la virulence du bacille tétanique privé de ses toxines, M. **Vaillard** a repris ses expériences en présence de son contradicteur ; il a eu un seul cas de tétanos; une expérience faite par M. Sanchez Toledo fut également négative. — M. **Sanchez Toledo** fait ses réserves sur ce dernier cas, ses cultures n'étant pas suffisamment sporulées au moment de l'inoculation. — M. **Ch. Cornevin** a voulu vérifier l'action de la pilocarpine sur la sécrétion du lait chez la vache laitière ; il n'a constaté sous l'influence de l'alcaloïde aucune variation dans la quantité; la composition chimique ne varie que par une très légère augmentation de la lactose. — M. **Lando Landi** a recherché les substances solubles que la bactéridie charbonneuse sécrète tant dans ses cultures que dans le sang des animaux infectés; il a obtenu des albumoses paraissant dépourvues de toxicité et des bases tétanisantes. — M. **J. Déjerine** donne l'observation détaillée d'un cas d'aphasie motrice accompagnée de paragraphie pour l'écriture spontanée et sous dictée, la faculté de copier restant intacte. A propos de ce cas, il fait la critique de la théorie du centre graphique, et conclut que tous les faits cliniques sont explicables sans l'hypothèse de ce centre, dont aucune observaiton n'a montré l'existence. — MM. **Gilbert** et **Roger** ont inoculé à des cobayes la tuberculose aviaire spontanée, sans faire passer le virus par aucune culture; dans la moitié environ des cas, le résultat a été négatif, mais dans quelques-uns on a obtenu une tuberculose généralisée. De plus, les auteurs font remarquer que dans deux séries la tuberculose aviaire, après quelques passages sur le cobaye, a perdu son action pathogène pour les oiseaux. — MM. **Cadiot**, **Gilbert** et **Roger** ont repris la question de l'inoculation aux oiseaux de la tuberculose humaine, le virus étant pris directement dans les formations pathologiques; ils ont obtenu un certain nombre de résultats positifs; aucune des poules inoculées n'est morte, mais 5 sur 38, après qu'elles eussent été sacrifiées, montrèrent à l'autopsie des lésions tuberculeuses. Examinant d'une façon générale les rapports de la tuberculose aviaire avec la tuberculose des mammifères, les auteurs concluent qu'il n'y a pas entre les deux virus de différence essentielle, mais seulement deux races de microbes. — M. **Strauss** pense que les expériences de ces auteurs sont insuffisantes pour légitimer leur conclusion; l'hypothèse de la tuberculose spontanée chez les sujets trouvés tuberculeux à l'autopsie n'est pas écartée d'une manière péremptoire, et la transformation de l'un des bacilles dans l'autre n'a pas été directement démontrée. — MM. **Charrin**, **Gley** et **Lapicque** ont examiné le sang artériel des lapins infectés par le bacille pyocyanique ; ils ont trouvé une diminution de l'oxygène dans tous les cas où l'inoculation a été efficace; la proportion de fer du sang n'avait pas varié. — M. **Lapicque** indique quelques modifications qu'il a apportées pour ces expériences au dispositif de l'appareil de MM. Schutzemberger et Rissler. — M. **Ducamp** a examiné la densité de l'encéphale chez des sujets morts d'affections diverses; il l'a trouvée en général augmentée dans les maladies chroniques entraînant une émaciation considérable dans les maladies,

consistant en troubles de la circulation cérébrale, normale dans les autres cas. — M. **H. Fischer** décrit le développement du foie chez la *Paludine*. — MM. **G. Hermann** et **C. Canu** signalent un champignon parasite du Talitre; ils décrivent les lésions produites chez ce crustacé par l'infection. — M. **P. Achalme**, dans un cas de rhumatisme articulaire aigu, a trouvé dans le liquide d'une péricardite développée sous l'influence de la maladie, un bacille qui se cultive bien dans le bouillon de bœuf à l'abri de l'air; ce bacille se retrouvait sur les coupes dans le myocarde, l'endocarde et le péricarde. Les inoculations des cultures au lapin et au cobaye ont été sans effet. — M. **E. Doumer** a observé sur divers malades, présentant, à l'examen électrique des muscles, la réaction de dégénérescence, notamment dans un cas ancien de paralysie infantile, un signe électrique particulier, à savoir que le muscle réagit mieux au courant lorsque l'électrode inférieure est placée plus bas que l'extrémité du muscle.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 16 *juillet* 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **Johann Unterweger** : « Sur les relations entre les comètes et les courants météoriques avec les phénomènes solaires. » L'auteur complète un travail déjà communiqué à l'Académie , il cherche à expliquer les taches solaires, leur disposition et leur périodicité par des comètes et des courants météoriques se déplaçant sous l'action des forces solaires et planétaires ; à mieux établir la théorie cosmique de la *couronne*, qui est le résultat de ses recherches ; et à montrer qu'il est possible de rendre compte des variations périodiques dans la température de l'air par les variations dans le rayonnement solaire, en étudiant comment ce rayonnement dépend de deux causes agissant en sens opposés : l'émission de chaleur par le Soleil, et la densité du courant météorique qui absorbe une plus ou moins grande proportion de la chaleur qui le traverse.

2° Sciences physiques. — M. **Franz von Hemmelmayr** : Sur une nouvelle base provenant de la pyridine. — M. **Otto Rossin** : Sur les dérivés de l'acide métahémipinique. — M. **Gustave Koller** : Sur quelques dérivés de la paraphénylbenzophénone. — MM. **Jahoda** et **Goldschmiedt** : Sur les substances contenues dans les pétales des fleurs de la *Gentiana verna*. — M. **Guido Goldschdmiedt** : Sur la connaissance de l'acide opianique. — M. **L. Haitinger** : Sur les spectres d'émission des oxydes de néodyme et de praséodyme et sur les pierres phosphorescentes contenant de la néodyme. — M. **Alfred Kraus** : Sur l'action des nitrates sur l'éther diéthylique de la résorcine et sur la triéthylrésorcine. — M. **C. Pomeranz** : Sur les *bergaptes*. — M. **Moriz Löw** : Sur l'aldéhyde salicylique éthylée. — M. **Friedrich Lippmann** : Sur la constitution de l'allylcyanide. — M. **Schindler** : Sur l'aldoxime crotonique. — M. **Kwisda** : Sur l'action de l'acide iodhydrique sur quelques acides amides. — M. **Skraup** : Sur l'action de l'acide iodhydrique sur les alcaloïdes quiniques. — M. **G. Neumann** : Sur l'acide α-orthostannique. — M. **Pum** : Sur les éthers de l'acide benzoïque. — M. **Strache** : Détermination quantitative de l'oxycarbonyle des aldéhydes et des kétones. — M. **Bamberger** : Contribution à l'étude des résines de surabondance. — M. **Carl Reich** : Sur la solubilité du carbonate et du bicarbonate de soude dans des solutions de sel de cuisine. — M. **Ed. Lippmann** : Sur la description des homologues de la quinine.

3° Sciences naturelles. — M. **W. Sigmund** : Sur les ferments donnant lieu à des corps gras, dans le règne végétal. En variant les conditions dans lesquelles on prend des émulsions de graines de plantes oléagineuses, l'auteur prouve que le rendement en acides gras est le plus grand pour les graines au moment de la germination, qu'on a séchées au plus à 35°C, et ensuite pour les graines à l'état de repos physiologique séchées à l'air ; dans les graines cuites à l'eau, le rendement en acides gras devient très faible, et il ne correspond plus à une fermentation, mais exclusivement à une action analogue à celle du blanc d'œuf. — M. **Claus** : Sur la structure des yeux des Pontellidiens. Les *Pontellina mediterranea* et les *Anomolocera Pattersonii* ont un troisième œil médian, dont l'auteur étudie la constitution, et les différences d'un sexe à l'autre. — M. **Zuckerkandl** : « Sur le rudiment épithélial d'une quatrième molaire chez l'homme ». Des considérations d'embryogénie et l'anatomie (comparée avec les carnivores) permettent d'établir qu'un corps épithélial situé derrière la troisième molaire est bien une quatrième molaire rudimentaire. Il n'est pas rare que cette molaire surnuméraire reparaisse chez certains carnivores et quand elle manque leur mâchoire présente ce corps épithélial identique à celui de l'homme.

Emile Weyr,
Membre de l'Académie.

CHRONIQUE

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

Session de Marseille 1891

L'*Association française pour l'avancement des sciences* va se réunir à Marseille le 17 de ce mois, sous la présidence de M. Dehérain, membre de l'Institut. Un grand nombre de savants français se sont inscrits pour des communications, conférences et lectures. D'autre part, vingt-et-un savants étrangers ont promis de prendre part aux travaux du Congrès. Voici leurs noms :

Brants (Victor), Professeur d'économie politique à l'Université de Louvain.
Cailler (C.), Professeur extraordinaire à l'Université de Genève.
Canevazzi (S.), Professeur à l'Université de Bologne.
Denza (le R. P.), Directeur de l'Observatoire central de Montcaliéri.
Frolow (le général Michel), de Saint-Pétersbourg.
Hammond (J.), Professeur à l'Université d'Oxford.
Llaurado (A. de), Ingénieur en chef du district forestier de Madrid.
Loriol (P. de), Membre du Comité de la carte géologique de la Suisse.
Malaise (le Professeur C.), Membre de l'Académie royale de Belgique.
Markoff, Membre de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg.
Mourlon (Michel), Membre de l'Académie royale des sciences de Belgique.
Oltramare (G.), Professeur à l'Université de Genève.
Perroncito (le Dr), Professeur à l'Université de Turin.
Pétersen (Julius), Professeur à l'Université de Copenhague.
Ragona (D.), Professeur, Directeur de l'Observatoire de Modène.
Silva (le chevalier J.-Da), Membre associé de l'Institut, architecte de S. M. le roi de Portugal.
Taverni (le Dr R.), Professeur de pédagogie à l'Université de Catane.
Vernon-Harcourt, de la Société des Ingénieurs civils de Londres.
Vilanova y Piéra, Professeur de paléontologie à l'Université de Madrid.
Vogt (Carl), Professeur à l'Université de Genève.
Wilde (P. de), Professeur de chimie à l'Ecole militaire et à l'Université de Bruxelles.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.— Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.